CANADIAN GEOSCIENCE COUNCIL

REPORT OF THE CANADIAN GEOSCIENCE COUNCIL ADVISORY COMMITTEE ON MINERAL EXPLORATION GEOCHEMICAL ACTIVITIES AT THE GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA

Published for the Council by the Geological Survey of Canada as Paper 91-13

Advisory Committee
J.A. Coope (Chairman), M.A. Bouchard, P. Davenport, I.L. Elliott, K. Fletcher, A.H. Green

Energy, Mines and Resources Canada
Energie, Mines et Ressources Canada
Canada

GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA
PAPER 91-13

REPORT OF THE CANADIAN GEOSCIENCE COUNCIL ADVISORY COMMITTEE ON MINERAL EXPLORATION GEOCHEMICAL ACTIVITIES AT THE GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA

Prepared by the
CANADIAN GEOSCIENCE COUNCIL

Advisory Committee

J.A. Coope (Chairman)
M.A. Bouchard
P. Davenport
I.L. Elliott
K. Fletcher
A.H. Green

1992

93-01707/

©Minister of Supply and Services Canada 1992

Available in Canada through
authorized bookstore agents and other bookstores

or by mail from

Canada Communication Group – Publishing
Ottawa, Canada K1A 0S9

and from

Geological Survey of Canada offices:

601 Booth Street
Ottawa, Canada K1A 0E8

3303-33rd Street N.W.,
Calgary, Alberta T2L 2A7

100 West Pender Street,
Vancouver, B.C. V6B 1R8

A deposit copy of this publication is also available for reference
in public libraries across Canada

Cat. No. M44-91/13
ISBN 0-660-57480-2

Price subject to change without notice

CONTENTS

Part I

1 Preface

1 Conclusions

3 Recommendations

5 Commentary by the Geological Survey of Canada

Part II

10 Introduction
10 Recent Reorganization
12 The Advisory Committee and its Terms of Reference
13 Activities of the Advisory Committee

14 The geochemical program within the Geological Survey of Canada
14 Objectives and Activities of Subdivisions within the Geological Survey of Canada Generating Geochemical Output
15 Exploration Geochemistry Subdivision
16 Mineralogy and Chemistry Subdivision
17 Mineral Deposits Subdivision
17 Terrain Sciences Division

18 Development of exploration geochemical activities in the exploration geochemistry and Quaternary geology subdivisions

20 The effect of changes in the administration of the exploration geochemistry subdivision and proposed solutions to identified problems

21 Environmental geochemistry

23 Survey of opinion on geochemical exploration activities of the Geological Survey of Canada

39 Discussion of GSC geochemical exploration activities
39 Research and Methodology

41 Project Generation

42 Training in Exploration Geochemistry

43 National Geochemical Reconnaissance

44 Archiving of Samples

44 Contracting Out

44 Standard Reference Samples

44 Dissemination of Information

45 Mineralogy and Chemistry Subdivision

46 Computers and Databases
47 Present Situation
48 Discussion

48 References

Appendices

49 A. Operational plan of the Exploration Geochemistry Subdivision 1988-1989
51 B. Geochemical Atlas of Canada (a suggestion for a country-wide approach)
57 C. Questionnaire

Figures

11 1a. Organizational chart - Mineral Resources Division
11 1b. Organizational chart - Exploration Geochemistry Subdivision
12 1c. Organizational chart - Mineral Deposits Subdivision
13 1d. Organizational chart - Terrain Sciences Division
27 2. Frequency of use of geochemical output
29 3. Timeliness of GSC geochemical output
31 4. Reliability/scientific quality of geochemical output
33 5. Satisfaction of client needs
35 6. Productivity based on GSC geochemical output
37 7. Use and application of GSC geochemical data
39 8. Appropriate geochemical activities for the GSC
40 9. Relevance and importance of GSC geochemical activity
41 10. Assessment of GSC geochemical performance
42 11. GSC's contribution to new geochemical developments
43 12. Perception of GSC's exploration geochemical research
45 13. Recommended information integration for geochemistry at the GSC

Tables

10 1. Deposits found by application of geochemical prospecting methods
23 2. Response to questionnaire
24 3. Geographic area of interest of respondents
24 4. Purpose of geochemical activity
24 5. Interest and use of geochemistry by GSC clientele
25 6. Sample collection personnel
25 7. Awareness of GSC geochemical activity
26 8. Medium of geochemical output most commonly used
26 9. Most often used sources of GSC geochemical data
26 10. Personal communication within GSC geochemical staff
26 11. Frequency of use of geochemical output
28 12. Timeliness of GSC geochemical output
30 13. Reliability/scientific quality of geochemical output
32 14. Satisfaction of client needs
34 15. Perceived productivity based on geochemical output
36 16. Use and application of GSC geochemical data
38 17. Appropriate geochemical activities for the GSC
42 18. GSC's contribution to new geochemical developments
42 19. Perception of GSC's geochemical exploration research
44 20. Question F-2. Type and cost by agency of regional geochemical surveys (1983-1988)
45 21. Question F-4. Degree of cooperation between GSC geochemical and their provincial/ territorial counterparts, in both regional surveys and methods research and development
45 22. Numbers of papers published in refereed journals for the five years ending in 1988

PART I

PREFACE

The geochemical exploration program within the Geological Survey of Canada commenced in 1949 with the work of Dr. R.W. Boyle in the Yellowknife mining district in the Northwest Territories. The research program rapidly became widely acclaimed and, over the years, has attained international status as a research and methods development center in geochemical prospecting.

GSC geochemical work has significantly stimulated mineral exploration activity across Canada and the developed expertise has made important contributions to the natural resource development of other nations.

The following are Conclusions and Recommendations prepared by the Advisory Committee charged with reviewing the Geochemistry Activities at the Geological Survey of Canada. The Committee was appointed in July 1988 by the Canadian Geoscience Council at the request of the Geological Survey.

Part II of this report contains a summary of the Committee's activities and findings leading to the Conclusions and Recommendations that are presented.

CONCLUSIONS

C1. Scientists at the Geological Survey of Canada have made significant contributions to exploration geochemistry over the past 40 years, and their work has received world-wide recognition.

C2. The successful application and adaptation of geochemical exploration techniques in a wide variety of conditions, the rapid development of analytical and computer technology and improvements in field transportation have made geochemistry one of the more effective and widely applied mineral exploration disciplines in Canada.

C3. Over 40 important mines and mineral deposits have been discovered by the application of geochemical prospecting methods in Canada since 1938.

C4. Regional Geochemical Surveys and exploration geochemical research completed by the Geological Survey of Canada has significantly stimulated mineral exploration across Canada. With this developed expertise, the GSC has made contributions to the natural resource development of other nations through CIDA and other foreign-aid programs.

C5. The mineral exploration geochemical output of the Geological Survey of Canada originates from within the Mineral Resources and the Terrain Sciences Divisions.

C6. In 1986 and 1987 a series of organizational changes were instituted in the Geological Survey which affected the administration of exploration geochemistry as scientific activity. Scientific and technical personnel have experienced, to different degrees, changes in working relationships, disruptions of communication, diminished morale and other anxieties. The Exploration Geochemistry Subdivision has lost considerable professional momentum, and there is a perceived de-emphasis of applied geochemical exploration research within the Geological Survey.

C7. Following reorganization in 1986, the staff and resources of the Applied Geochemical Laboratory of the predecessor Resource Geophysics and Geochemistry Division were regrouped into the Analytical Methods Development Unit of the Mineralogy and Chemistry Subdivision with expanded responsibilities in support of all Divisions of the Geological Survey of Canada. With some personnel, professional satisfaction and productive interaction has declined.

C8. The effectiveness of the Mathematical Applications in Geology Section has not been diminished by its reorganization into the Geochemical Exploration Subdivision. The group is successfully integrating its expertise with scientists in other subdivisions through well developed interpersonal skills.

C9. Geochemists joining the Exploration Geochemistry Subdivision either during or immediately after the reorganizations have not been significantly affected and work effectively, commonly in close coordination with scientists in other subdivisions.

C10. The Committee finds, despite the generally favorable client response to past output and performance, internal problems of management, organization and morale are such that the exploration geochemical activities at the Geological Survey of Canada are at a critical crossroads.

C11. Approximately 52% of the $3.30 million budget of the Exploration Geochemistry Subdivision and 42% of the $3.48 million budget of the Quaternary Geology Subdivision were expended under Mineral Development Agreements (MDA) and other joint programs with the provinces in the 1988-89 financial year.

C12. Scientific philosophical differences relating to regional geochemical exploration between the Quaternary Geology and Exploration Geochemistry Subdivisions have been perpetuated to the present time, and, with few exceptions, have resulted in somewhat negative competitive rather than positive cooperative attitudes between both scientists and administrators in the two groups. These differences have, no doubt, been heightened through the competition for additional, available funding under MDA programs.

C13. The target signatures and the sampling strategies most suited to the resolution of provenance of the Quaternary deposits contrast significantly, in the majority of situations, with the sampling strategies and metal associations necessary for effective mineral exploration in the same terrain. Thus, to strive for both of these objectives in the same reconnaissance program is to compromise effectiveness.

C14. Within the Exploration Geochemistry Subdivision (and, more generally, within the Mineral Resources Division), there is a dangerously low level of technical support and a perceived ceiling on advancement due to existing limitations on the number of senior research scientists.

C15. The high level of response obtained from a questionnaire survey (63.2%) reflects the concern and interest of the client communities in the geochemical activities of the GSC.

C16. The principal purpose of the geochemical exploration activities of all the groups polled is the discovery of new mineral deposits.

C17. Geochemical techniques most commonly used by GSC clientele are lithogeochemical methods, soil sampling, heavy mineral and drift (including till) surveys and regional stream sampling.

C18. Although not as widely used, there is a significant expression of interest by some interest groups in other sample media requiring more sophisticated collection, analysis and interpretation. There is a clear role for the GSC not only to interpret current geochemical practices but to evaluate new ideas and techniques.

C19. There is a significant lack of awareness of the GSC's geochemical exploration activities within the client community.

C20. Printed output is by far and away the most favored and most often used medium in the geochemical exploration user community. Formal publications, outside publications and open files are, in aggregate, the most frequently consulted sources of GSC geochemical information. Information on microfiche and computer tapes is rarely used. The popularity and use of computer discs for data transfer is increasing.

C21. The most frequent communication between the client community and the GSC geochemical staff occurs at workshops and conferences and over the telephone.

C22. The user public rates the reliability and scientific quality of GSC geochemical exploration published output highly and client needs are acceptably to well satisfied.

C23. The timeliness of geochemical output is rated satisfactory although there is a vocal minority who claim timeliness of some geochemical output can be improved.

C24. There is strong support in the industry and university sectors for the geochemical activities of the GSC. Regional exploration surveys including the National Geochemical Reconnaissance program are strongly supported.

C25. Disciplines considered appropriate for GSC geochemical research include lithogeochemistry and mineral deposits research, biogeochemistry, analytical method development and data management and interpretation techniques. The least favored activities relate to non-exploration aspects of geochemistry.

C26. Research into the geochemistry of the sample media used in regional surveys with the intent of improving methodology and interpretation procedures is considered by industry and government groups to be a highly appropriate area of GSC research. This is in sharp contrast with questionnaire responses a decade ago when the user public was surveyed on the Uranium Reconnaissance Program.

C27. Generally speaking, the geochemical work of the GSC closely matches the need of the client community. There is no strongly indicated area of deficient or inappropriate activity identified in the questionnaire response relative to the current geochemical practices of the groups polled. The Advisory Committee has, however, cited lithogeochemistry, gas geochemistry and electrogeochemistry as areas of GSC neglect.

C28. University and government groups express a high degree of satisfaction with the Survey's work in the geochemistry of mineral deposits although the industry group is less satisfied.

C29. Provincial governments in Canada, collectively, have considerable geochemical capability, but individually none comes close to matching the resources of the GSC in number and diversity of geochemists.

C30. Geochemists in most provinces and territories (6 out of 11) favor joint federal-provincial regional geochemical surveys. Four provinces favor provincial delivery. Two thirds of the provinces and territories indicate that there is a significant degree of cooperation with geochemists at the GSC in implementing regional geochemical surveys.

C31. The greatest perceived benefits extended to the universities and university students by the GSC are help with literature search, job opportunities, field logistics and provision of co-supervisors of research projects.

C32. The most significant relationship between the commercial laboratory community and the GSC centers on extensive contracting out of analytical services and provision for the development of analytical techniques. The laboratory group do not believe that analytical method development activity by the GSC has contributed to raising the general standard of geochemical analysis in Canada.

However, the Committee's observation of the literature indicates several significant contributions have been made by GSC scientists to the development and understanding of geochemical analytical procedures.

C33. While acknowledging the response of the user community, the Advisory Committee believes that the overall geochemical exploration effort of the Geological Survey of Canada can be significantly increased by improved integration of personnel and resources through management, organizational and attitudinal changes within the relevant Divisions and Subdivisions.

C34. There is near-unanimous consensus among GSC scientists and management that Geological Survey input into the study of environmental problems through geochemistry is desirable. A majority of respondents support this activity but the field is acknowledged to be of only moderate relevance and importance to the constituences polled.

C35. The interests and needs of environmental scientists are often not served by the sampling and analytical strategies currently employed by the GSC for routine regional mineral exploration surveys. Arbitrary modification of effective mineral exploration procedures to accommodate the needs of environmental scientists will lead to compromises which will undermine the quality and usefulness of the data for both environmental assessment and mineral exploration.

C36. Geoscience information, and particularly geochemical information, is an important resource, and is of greatest value when it is readily available in a digitized form, for general use. Restrictions to the flow of this information beyond the need to ensure its quality and integrity are detrimental to total effectiveness. The establishment of a computer system to facilitate this utilization is a necessary investment in any geochemical program.

The GSC lacks a coherent strategy for input, quality control, storage and output of geochemical data.

C37. The SPANS/GIS system, being advanced by the Mathematical Applications in Geology Section is a valuable application adaptable to spatial data. It has proven to be a positive stimulant to the added utilization and improved interpretation of regional geochemical data.

C38. The increased use of geographic information systems will necessitate the integration of all GSC geoscientific data base systems.

RECOMMENDATIONS

R1. The Advisory Committee strongly recommends that the Geological Survey of Canada reaffirms its important role in sustaining a vigorous and active program of research and development of exploration geochemical concepts, technologies and methodologies directed towards expanding Canada's geochemical database in support of the mineral exploration industry and as an aid to government resource and environmental assessment.

R2. The Advisory Committee recommends that activities pertaining specifically to the development of mineral exploration concepts, technologies and methodologies be the responsibility of the Mineral Resources Division of the GSC, and all activities pertaining to exploration geochemistry be the responsibility of the Exploration Geochemistry Subdivision.

R3. The future geochemical programs of the Quaternary Geology Subdivision of the Terrain Sciences Division and the Exploration Geochemistry Subdivision of the Mineral Resources Division should be critically evaluated in terms of Subdivisional and Divisional priorities. Personnel with developed expertise in the determination of provenance and genesis of Quaternary deposits as applied in geochemical exploration should be transferred to the Exploration Geochemical Subdivision.

R4. The Exploration Geochemistry Subdivision should take full advantage of the opportunity and setting following the reorganizations within the Geological Survey of Canada to revitalize the overall geochemical exploration program within the framework of a long-term national mapping program and, through integrated involvement in the investigation of exploration problems, advance the development of exploration science and technology in support of the mineral industry.

R5. Specific management problems deserving attention in the short term are the current adverse ratio of technical support staff to research scientists and the perceived ceilings on advancement due to limitations on the number of senior research scientists.

R6. The GSC should continue to exercise active and determined management of projects and resources rather than passive direction of studies initiated by scientists. Geochemical prospecting activities are significantly influenced by initiatives and the interests of individual geoscientists and the Committee urges a management environment that while encouraging initiatives from below maintains a firm direction to the overall thrust of geochemical research.

R7. It is recommended that GSC management encourage interdisciplinary research among geoscientists by inviting joint-collaborative proposals that would compete for funds already allocated to carefully conceived integrated programs.

R8. The GSC should also beware of diverting an inappropriate amount of scarce resources into areas of fundamental geochemical research with only long term potential application to the timely development of

Canada's mineral resources. Such research should be done in universities with GSC support and supervisory involvement.

R9. In order to compensate for the critical shortage of both professional exploration geochemists and geologists knowledgeable in exploration geochemistry, the GSC should expand programs and initiatives for the dissemination and presentation of data that can readily be used as case history and instructional material for training in geochemical methodology.

R10. The GSC should continue to encourage presentation of this geochemical output at regional meetings focussed either by topic or area. This would also present increased opportunities for subsequent personal contacts in the field.

R11. Because the geographic areas of interest and the sampling and analytical strategies for environmental surveys conflict, in many instances, with existing geochemical exploration programs and procedures, the Committee does not recommend that the GSC should become proactive in environmentally-related geochemical activities since this will divert considerable resources from the established and important missions of providing data pertinent to mineral exploration and resource assessment.

R12. It is recommended that the GSC initiate a working group of GSC, DOE, Health and Welfare and other appropriate personnel from government and the private sector which would:

(a) be appraised of the extent and the purpose of the current geochemical database generated through GSC and other programs.

(b) define the value of this existing geochemical database to environmentally oriented scientific groups, and

(c) examine how existing exploration geochemical sampling and analytical protocols can be supplemented to provide useful environmentally-related data without compromising in any way the quality and quantity of output and the resources needed to sustain and continually improve the GSC's contribution to the mineral exploration industry through geochemical mapping and research.

R13. The Committee advocates, based on its observations of world-wide geochemical research, that the proposed working group should consider and recommend a two-tiered approach to geochemical mapping in Canada to include an ultra-low density multi-media, country-wide survey coverage that would provide a rapid, multi-faceted overview of landscape geochemistry providing the basic regional geochemical database for separate, follow-up applied environmental and mineral resource surveys.

R14. The Committee emphasizes that any applied environmental program established by the federal government is destined to become highly visible politically and publicly and its effectiveness will be dependent on a long term commitment and new funding for equipment and facilities and highly qualified personnel dedicated to a comprehensive program.

R15. The Geological Survey of Canada should continue to support its established exploration geochemistry research and methodology program at the same levels, but should increase or initiate programs in lithogeochemistry, gas geochemistry and electrogeochemistry to meet the needs of its clients and investigate more comprehensively methods applicable in areas of deep transported overburden.

R16. The Committee strongly supports the continuation of National Geochemical Reconnaissance programs and strongly recommends that additional A-base funding be made available to research those aspects of the NGR database that will lead to a better understanding of geochemical processes in surficial environments and the development of better methodologies for effective mineral exploration and regional surveying.

R17. It is recommended that the archives of geochemical sample materials that have accumulated through the National Geochemical Reconnaissance be supported and maintained as a valuable national resource.

R18. The Committee recommends that the routine determination of the trace element content of geochemical materials continue to be contracted out with the employment of quality controls that will ensure long term consistency and reliability of the resulting database. Contracting-out procedures should be carefully reviewed with DSS to minimize dissatisfaction among commercial geochemical analytical laboratories.

R19. The GSC should make every effort to expedite the release of standard reference samples to the Canadian analytical community.

R20. It is recommended that management at the GSC should continue to examine the effectiveness of their public relations activities and seek cost-effective ways to make the public at large, and the mineral industry in particular, more aware of GSC geochemical activities.

R21. It is apparent that there are wide disparities in productivity among individuals as measured by the number of publications and other written output per year. The average annual output of, for example, papers in refereed journals by research scientists involved in exploration geochemistry is less than two per year. It is recommended that frequency and timeliness of published output be important criteria for funding research by GSC scientists.

R22. It is recommended that the Analytical Chemical Laboratories unit be given responsibility for sample preparation preceding chemical analysis and that the

Analytical Methods Development unit also extend its responsibilities to the development of new and improved sample preparation techniques for specific exploration analytical problems.

R23. Quality controls should be improved by supplementing the established Analytical Chemical Laboratory's procedures with wider utilization of standard reference samples and the inclusion of field duplicates chosen and inserted by the GSC geologists and geochemists.

R24. The Advisory Committee endorses the earlier Naldrett Committee recommendation 4.3.2.2.3 that a realistic costing of internal analytical work be instituted with costs to be charged against the budgets of individual projects.

Careful consideration should also be given to establishing internal cost recovery for a proportion of analytical development costs.

R25. To avoid unrealistic expectations on the part of research geologists and allow adequate time for analytical development, an internal analytical liaison committee, allied to the existing Analytical Priorities Committee, should evaluate the probable commitment required to take any development to a successful conclusion.

R26. It is essential that GSC operating budgets include a realistic component to cover maintenance costs of laboratory analytical equipment and, whenever possible and appropriate, practical maintenance contracts should be established with instrument manufacturers.

R27. In order to ensure high standards of analytical quality and analytical development and further increase its productivity, the GSC must make full use of advances in analytical technology and maintain state of the art laboratories. Inadequate funding in the early 1980s resulted in a serious deterioration in analytical standards and a realistic capital cost budget is necessary to avoid such a recurrence.

R28. "Routine" analytical work within the Analytical Methods Development unit should be minimized by transferring newly developed or established procedures to the Analytical Chemistry Laboratories or to commercial laboratories more promptly.

R29. The Committee is not convinced that process oriented geochemical studies requiring clean room and isotope laboratory facilities are of sufficient priority in mineral deposits research at the GSC to warrant the expense involved in retrofitting old laboratory facilities or building new ones. GSC scientists needing sensitive water analyses and isotope determinations should establish close coordination and necessary arrangements with appropriate well established and well regarded laboratories capable of providing prompt and accurate results on GSC sample materials.

R30. The GSC should move expeditiously and deliberately but carefully into distribution of its geochemical data by electronic media.

R31. It is the Committees observation that geochemists within the GSC should be taking fuller advantage of the computer revolution to facilitate communication within the Survey and in the service of its user clients.

R32. Although the adaptation of the SPANS/GIS system has proved successful in presentation of geochemical data, the GSC should make timely evaluations of other GIS systems to enable effective presentation and interpretation of GSC geochemical data while, at the same time, facilitating the utilization of GIS analysis by GSC clients.

R33. A computer system structure with centralized storage and information integration capability is recommended for GSC geochemical data handling.

R34. Immediate planning should be instituted within the GSC to accommodate the ready collection of geophysical, geological, geochemical and other earth science data as part of geographic data packages.

COMMENTARY ON THE REPORT OF THE CANADIAN GEOSCIENCE COUNCIL ADVISORY COMMITTEE TO THE GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA ON MINERAL EXPLORATION GEOCHEMICAL ACTIVITIES

Introduction

The Report of the Advisory Committee on Mineral Exploration Geochemical Activities at the Geological Survey of Canada forms part of the formal evaluation process in use in the Department of Energy, Mines and Resources. The report was commissioned by the Assistant Deputy Minister of the Geological Survey in July of 1988. Its purpose was to contribute to departmental requirements for program evaluation and to help the Sector meet its responsibilities as a research organization serving clients in the mineral sector, in other federal and provincial government agencies and in the geoscience community in the universities and elsewhere.

At the time of commissioning of this CGC study, there were a number of questions concerning exploration geochemical activities at the Geological Survey that needed to be addressed through an independent peer review process. In part some of these questions flowed from the results of an earlier CGC study on Mineral Deposits Research at the Geological Survey (GSC Paper 85-6, Part II). There were three questions of particular concern to management at the Geological Survey. Not necessarily in order of importance, they were:

1. In the client's view(s), was there an appropriate balance between geochemical survey activities and geochemical research (e.g. process geochemistry) at GSC?

2. Was the organizational and structural distribution of exploration geochemistry activities within GSC appropriate?

3. Was the National Geochemical Reconnaissance program viewed in a generally positive light by clients or were there changes that could be made in the structure and delivery of the program that would improve its usefulness to the mineral community?

The Advisory Committee report addresses these questions and many more, of course. On the matter of balance (Question 1) the report is generally positive, although it makes some recommendations that would serve to increase the research component, however, not necessarily at the expense of survey activities. On Question 2, the Committee makes recommendations concerning the transfer of drift prospecting geochemical activities from Terrain Sciences Division to Mineral Resources Division; these recommendations are generally contentious within the Survey and their implications will have to be carefully evaluated by GSC management. On NGR (National Geochemical Reconnaissance) the Committee provides a strong endorsement of the existing program but recommends adding to it a low-density survey component. The latter (low density surveys) are a matter of considerable debate in the geochemical community at the moment and GSC's response to this recommendation will be to proceed cautiously until such surveys have demonstrated their utility in Canadian terranes. A pilot project to evaluate the desirability of low density surveys is being planned.

A fourth important question began to come into focus during the time that the Committee was conducting its study. This concerned the matter of environmental geochemistry and the proportion of effort in this relatively new area that might be developed in tandem with more traditional exploration-oriented geochemistry activities. Initially, the Committee was generally of the view that GSC should proceed cautiously here, because of the danger of diluting resources available for exploration geochemistry through reallocations to environmental geochemistry. The GSC view on this matter is unambiguous; it is assumed that because of the high political and social profile of environmental matters that environmental geochemical activities will play a key role in GSC geochemistry in the future. During the two years that the Committee spent in its investigations, G.S.C. began to move seriously into environmental geochemistry activities on a number of fronts, including through participation in international projects with other national geological surveys.

The Committee's 34 recommendations are discussed in the following section. The GSC is in substantial agreement with the majority of these and, in fact, many have already been implements or are in the course of being implemented.

Discussion of recommendations

Recommendation 1:

The Geological Survey is fully cognizant of the role that geochemistry has played in mineral exploration in Canada and of the significant contributions that its staff has made to the discipline over a period of 40 years. Furthermore, the Survey intends to maintain its position at the forefront of geochemical research in Canada and to continue to contribute to expansion of the national geochemical database.

Recommendations 2 and 3:

For GSC these are the two most contentious recommendations in the report. At the heart of the problem is the longstanding Survey administrative structure which has separated geochemical activities associated with waters, soils, stream sediments and lake sediments (Exploration Geochemistry Subdivision, Mineral Resources Division) from the drift prospecting geochemistry associated with Quaternary geology/till sampling activities (Terrain Sciences Division). For historical as well as technical reasons there is considerable logic to the present arrangement, particularly because of the necessity to have surficial geology interpretations and expertise of Terrain Sciences Division firmly linked to the geochemical aspects of drift prospecting activities. This question is further complicated by other factors, including the development of an integrated geochemical data base in the Survey that can accommodate geochemical data generated within the two divisions in a compatible format. It is noted also that the new Program Structure now in place within GSC permits easier development of cross-division and cross-discipline projects, and this may be considered as an alternate to the actual transfer of staff and expertise from Terrain Sciences Division to Mineral Resources Division, as recommended by the Committee. For the moment, a working group involving staff of the two divisions will investigate these and related matters, but any decisions on organizational changes in response to the Committee's recommendations will be deferred.

Recommendation 4:

The GSC is in full agreement and has already implemented EXTECH, an integrated, multidisciplinary project aimed at improving concepts and technologies applicable to exploration for volcanogenic massive sulphide deposits. Exploration geochemistry and drift prospecting are key elements of EXTECH: indeed, the project leader is an exploration geochemist. The early results of EXTECH have been extremely promising and it is hoped that it will serve as the prototype for other exploration science and technology initiatives.

Recommendation 5:

Survey management shares the Committee's concerns with respect to the ratio of research scientists to technical support staff, and the limited promotion opportunities for research scientists. Unfortunately, both of these problems will take some time to remedy. With respect to the proportions of research scientists and support staff, it is important to realize that the person-year allotment of Mineral Resources Division has declined by about 15% over the past 3 years, meaning that there have been few staffing opportunities. This notwithstanding, it should be noted that all new staff taken on by Exploration Geochemistry Subdivision since the Committee's visits have been in the technical and junior professional categories.

The quotas which restrict research scientist promotions apply throughout the Public Service and are not subject to unilateral modification by either the Geological Survey or the Department of Energy, Mines and Resources. However, the system is currently under review and some improvements may be forthcoming.

Recommendation 6:

The Geological Survey will continue to exercise active and determined management of scientific projects.

Recommendation 7:

Two major integrated projects involving exploration geochemists have been implemented since the Committee's visits. These are the EXTECH project alluded to above and environmental geochemistry initiative. Both have yielded promising early results and are likely to give rise to other interdisciplinary research efforts.

Recommendation 8:

Survey management agrees that an "inappropriate amount" of resources should not be diverted to fundamental research. However, it is not clear what proportion the Committee would consider appropriate or, indeed which, if any, of the current exploration geochemistry research activities the Committee believes to be too fundamental.

Recommendation 9:

The Survey has already taken steps to make its expertise in exploration geochemistry more accessible to its client community. The Exploration Geochemistry Subdivision staff participated in three workshops during 1990 and presented a one day short course at the 1991 Prospectors and Developers Association Convention. As well, Terrain Sciences Division staff participated in two of these. A further workshop, in biogeochemical exploration, is being planned for 1992.

Recommendation 10:

The results of geochemical surveys and research are routinely presented at the open houses of each of the provinces and territories where such work is undertaken. This form of communication with clients is given a very high priority by management.

Recommendation 11:

This recommendation, as written, would appear to be at odds with the two that follow. In any event, management strongly believes that the Geological Survey has an important part to play in providing some of the knowledge essential to the solution of Canada's environmental problems. Clearly, geochemical expertise and data will play a key role and, to this end, an environmental geochemistry project has been initiated under the management of Exploration Geochemistry Subdivision. Nevertheless, the GSC will make every effort to reconcile the sometimes conflicting requirements of exploration and environmental geochemistry without compromising either.

Recommendation 12:

Although a formal working group has not been established, numerous and repeated discussions have been held with officials of health and environmental departments at both the federal and provincial levels to inform these agencies of the existence and scope of GSC's geochemical database and to explore potential areas of cooperation. Several cooperative studies have already been initiated. In addition, cooperative studies in environmental geochemistry with other national surveys are under discussion (e.g., the British Geological Survey and the Geological Survey of Prague).

Recommendation 13:

The Geological Survey is aware of international developments with respect to ultra-low density geochemical surveys and will evaluate the feasibility of such an approach in Canada. However, in the event that such surveys were judged to be both feasible and desirable, it is unlikely that GSC would be able to fund a country-wide program in the near future. A more likely scenario would involve one or more pilot projects, probably in cooperation with provincial surveys.

Recommendation 14:

This statement is not so much a recommendation as an observation. In any event, it is recognized that any significant increase of environmental geochemistry activities beyond the current level would require both significant new funding and new expertise.

Recommendation 15:

The Geological Survey will maintain and, where possible, enhance its established research in surficial geochemistry, biogeochemistry and lithogeochemistry. In the current climate of restraint, it is unlikely that it can embark on significant programs of in-house research in "new" subdisciplines such as electrogeochemistry and gas geochemistry given that each of these would require not only additional operating funds but also new staff at both the research scientist and support levels. The Survey will, however, take advantage of partnership opportunities as exemplified by its current participation in an industry consortium evaluating electrogeochemical methods.

Recommendations 16 and 17:

The Geological Survey is committed to maintaining and, where possible, strengthening the National Geochemical Reconnaissance program. Over the short and medium term, new surveys will be funded almost exclusively from external sources such as the Mineral Development Agreements, while priorities for the A-base component of NGR funding will be digital database development (already well underway), maintenance and re-analysis of archived samples,

methodological research, and interpretation. The Survey is committed to continued support of the National Geochemical Reconnaissance archive.

Recommendation 18:

Routine determination of trace elements is almost entirely contracted-out to commercial laboratories already. Stringent quality control procedures are used to monitor both precision and accuracy of analyses for the National Geochemical Reconnaissance, and we are satisfied that results are consistent over the nearly 20 year history of the program. Quality control procedures have not always been as systematic for some other data sets, but steps are being taken to rectify deficiencies. With respect to contracting procedures, it should be realized that objectives listed in the report (p. 88) are reviewed with the Department of Supply and Services on a continuing basis and that elaborate evaluation criteria are established for each tender process.

Recommendation 19:

This recommendation is being implemented. For example, the Geological Survey of Canada began offering the standard reference samples of lake and stream sediments for sale through CANMET in 1990. Standards for soils and till are currently being certified and will be on the market within two years.

Recommendation 20:

The Geological Survey is seeking to increase the awareness of its geochemical activities among its client community by (i) inauguration of a biennial Minerals Colloquium, which includes a significant geochemical component, (ii) sponsorship of a series of geochemical workshops or short courses, and (iii) more active participation in national and regional meetings and Open Houses. In addition, the Survey has recently begun to publicize the availability of the National Geochemical Reconnaissance digital data set through a special brochure.

Recommendation 21:

The frequency and timeliness of published output are already important criteria for project approval and funding decisions. However, we do not accept the basis on which the recommendation was made: namely that on average GSC geochemists produce fewer articles in refereed journals than would be considered the norm for a university faculty. Firstly, for many survey projects, GSC publications of various types are more appropriate products than refereed journals and therefore any assessment of productivity should consider these media. Secondly, the Committee's compilation appears to have included individuals who were not in the research scientist category and should not be compared with university faculty. In fact, the 13 research scientists involved in exploration geochemistry had an average annual productivity of 3.75 publications, including 2.3 in refereed journals, in the period 1984-88.

Recommendation 22:

The first part of this recommendation is difficult to accept for three reasons. Firstly, it would put an unreasonable extra burden on the Supervisor of the Analytical Chemistry Laboratories. Secondly, the largest single activity in the Sample Preparation Unit is the separation of minerals for geochronology and isotopic studies. Finally, primary management responsibility for the Analytical Chemistry Laboratories and Sample Preparation Unit already resides in the same individual, namely the Head of Mineralogy and Chemistry Subdivision. With respect to development of sample preparation techniques, it is quite possible that the Analytical Methods Development unit could be given this responsibility but the priority given to these techniques would have to be weighed against other demands for method development.

Recommendation 23:

Standard reference materials are already used routinely for all methods employed in the Analytical Chemistry Laboratories and it is not clear what benefits would accrue from more extensive use. Five percent of samples run through the laboratories are blind duplicates inserted by the laboratory supervisor. In addition, laboratory clients are advised to insert their own duplicates and check samples, but this practice is not policed.

Recommendation 24:

The Geological Survey will re-examine the question of internal cost recovery for analytical services.

Recommendation 25:

As the Committee states (p.94), priority setting is the responsibility of management. The Analytical Priorities Committee in fact no longer exists. Research geologists are expected to discuss their analytical requirements with laboratory staff prior to initiating a requisition. Requisitions are screened by laboratory management to ensure that the work is feasible within a reasonable timeframe and that it will not impose an unrealistic load on the laboratory.

Recommendation 26:

The Geological Survey agrees that the maintenance of costly laboratory equipment is a matter of critical concern, and Mineralogy and Chemistry Subdivision budget does include a component for repairs. Maintenance contracts are in place for a number of instruments but in many cases it is more cost effective to "self insure".

Recommendation 27:

GSC realizes the importance of maintaining an adequate capital budget to ensure the availability of state-of-the-art analytical technology and acknowledges the precarious position it had reached in the early and mid-1980's. However, the introduction of CARP (Capital Acquisition and Replacement Plan) in 1989, as a result of negotiations with Treasury Board, allowed GSC to significantly upgrade its

capital assets. Unfortunately, the increase of capital funds came at the cost of a decrease in person-years and was not accompanied by an increase in operating funds. This latter is particularly worrying because although state-of-the-art equipment increases productivity, it also costs more to maintain.

Recommendations 28:

As a matter of principle, truly routine analyses which are commercially available are contracted-out for the most part (see also, Recommendation 18). Methods which have become "routine" within the Method Development Laboratory are being transferred to the Analytical Chemistry Laboratory. However, this is an evolutionary process since the Analytical Chemistry Laboratory will not necessarily have the personnel and equipment in place to implement a new procedure immediately.

Recommendation 29:

The Geological Survey does not agree with the Committee's conclusion that stable isotope facilities are not of sufficient priority in mineral deposits research to warrant the expense involved. The Survey considers isotopic investigations to be one of the potentially most fruitful and exciting aspects in modern mineral deposit research and is in the process of establishing a state of the art stable isotope laboratory. Moreover, stable isotope studies will play an important role in environmental geoscience. With respect to clean room facilities, although a final decision has not been made, it is quite possible that these will be necessary not only for mineral deposits research but also if the Survey becomes more involved in water analysis for both exploration and environmental geochemistry. Such facilities may be factored into a major retrofit of the 601 Booth Street building that is scheduled to take place in the next few years.

Recommendation 30 and 31:

The Geological Survey is moving rapidly to increase availability of digital data. With respect to geochemical data, for example, the entire National Geochemical Reconnaissance database is now available to clients in diskette form. The GSC network, currently being implemented, will greatly facilitate electronic communication within the Survey.

Recommendation 32:

The Survey agrees that it is important to keep abreast of developments in GIS technology. However, it should be recognized that the considerable investment in hardware, software, training and development time already devoted to the SPANS GIS by Exploration Geochemistry Subdivision means that a decision to change systems could not be taken lightly.

Recommendation 33:

The Exploration Geochemistry Subdivision is currently developing a comprehensive system with the working title "Canadian Database on Geochemistry" (CDOG). This could in principle incorporate not only the National Geochemical Reconnaissance data but other geochemical data sets.

Recommendation 34:

Considerable thought and discussion has already been given to the integration of various geoscience data sets within the GSC. A likely scenario as a first step would be the linking of the various distributed databases (geological, geophysical, geochemical) through the GSC network, and the provision of a single "porthole" through which clients could access digital data. Whether these diverse data sets should then be pre-packaged on a geographic basis is an interesting question and will be examined in more detail.

PART II

INTRODUCTION

The successful application and adaptation of geochemical exploration techniques in a wide variety of conditions, the rapid development of analytical and computer technology, and improvements in field transportation have made geochemistry one of the more effective and widely applied mineral exploration disciplines in Canada. This effectiveness is illustrated by the tabulation of mineral discoveries in Table 1, modified after Brummer, Gleeson and Hansuld.

The Geological Survey of Canada has contributed to this success directly and indirectly through research into geochemical exploration processes and their application in the wide variety of natural environments existing in Canada.

Exploration geochemical research activities in the Geological Survey of Canada began in 1949 with Dr. R.W. Boyle's studies of primary haloes around gold deposits in the Yellowknife area. These studies were followed in the 1950s by geochemical surveys of stream and spring waters, stream sediments and soils in the Yukon and the Maritime provinces. Geochemical analytical laboratories were established in Ottawa in the late 1950s.

Through the 1960s and the 1970s the exploration geochemical research and survey activities of the G.S.C. expanded significantly with investigations of a variety of media in many varied and difficult environments across the Canadian landmass. Over a 40 year period, scientists at the Geological Survey of Canada have made significant contributions to exploration geochemistry, and they have received world-wide recognition. Their findings, including data published as regional surveys, have significantly stimulated mineral exploration activity across Canada, and the developed expertise has made contributions to the natural resource development of other nations through CIDA and other foreign aid programs.

The major growth of exploration geochemical activity in the Survey took place during the 1972-1986 period when exploration geochemists were included in the Resource Geophysics and Geochemistry Division (RGG), and activities expanded to include the Uranium Reconnaissance Program and the National Geochemical Reconnaissance. Not all geochemical research at the Survey was conducted by scientists in RGG during this period. Terrain Science Division personnel commenced research on gold in glacial tills in the Kirkland Lake area in 1963, and in the early 1970s the Sedimentary Mineral Tracing Group became active with lake water and lake sediment sampling and expanded till studies. Elsewhere in the Survey, new analytical technologies and scientific advancements stimulated the increased application of geochemistry in many types of earth science research other than mineral exploration. This included the more extensive use of lithogeochemistry mainly directed toward problems of genesis of mineral deposits, as well as isotope work, organic geochemical support in oil and gas research, and other applications.

Recent Reorganization

Beginning in 1986, a series of organizational changes were instituted in the Geological Survey which affected the administration of exploration geochemistry as a scientific activity. A technically driven change in April, 1986 resulted in the disbanding of the Resource Geophysics and Geochemistry (RGG) Division during the amalgamation of the Geological Survey of Canada and the Earth Physics Branches of EMR. Exploration geochemists of the Resource Geochemistry Subdivision of RGG were grouped in the Exploration Geochemistry Subdivision of the Mineral Resources Division (MRD). At the same time, the Analytical Laboratories unit of the Resource Geochemistry Subdivision became the Analytical Methods Development unit with the Mineralogy and Chemistry Subdivision of MRD. This change was followed, one year later, by a further reorganization: the Geological Survey of Canada was elevated to Sector status within EMR and the Mineral Resource Division was included in the newly created Continental Geoscience and Mineral Resources Branch (Figs. 1 and 2).

The impact of these reorganizations has been complex, but many of the programs in existence in 1986 have continued. Major changes experienced by the Exploration Geochemical Group have included (a) changes in the management structure and in management personnel at the division and branch levels, (b) the transfer of geochemical exploration analytical activities, previously part of the Exploration Geochemical Group, into the Mineralogy and Chemistry Subdivision, and (c) the inclusion of the Mathematical Applications in Geology Section within the Exploration Geochemical Subdivision.

As a consequence of the reorganization, personnel within the Exploration Geochemical Subdivision have experienced, to different degrees, changes in working relationships,

Table 1. Deposits found by application of geochemical prospecting methods

	1938-1968	1969-1985
Appalachian Orogen	Magnet Cove Barrm Corp. (Pb-Zn-Cu-Ag) Mount Pleasant (W-Mo-Sn) Murray Brook (Cu-Zn-Pb) Restigouche (Pb-Zn-Cu-Ag) Newfoundland Zinc (Zn)	East Kemptville (Sn) Woodstock (Cu) Tally Pond (Cu-Zn) Nugget Pond (Au)
Precambrian Shield	Louvem East (Zn) Dalbridge (Cu-Zn) Millenbach (Cu-Zn)	Corbett (Cu-Zn) Bell Creek (Au) LAC Minerals Hemlo, Zone "C" (Au) Aquarius (Au) Key Lake (U) Collins Bay, Zone "B" (U) Waddy Lake, Gisement EP (Au) Winstone Lake (Zn)
Cordilleran Orogen	Craigmont (Cu-Fe) Stikine Copper (Cu) Sam Goosly (Au-Ag-Cu) Bell Copper (Cu) Morrison (Cu-Mo) Berg (Cu-Mo) Huckleberry (Cu-Mo) O.K. (Cu-Mo) Island Copper (Cu-Mo) Husky (Ag)	Chapelle (Au-Ag) Casino Silver (Cu-Mo) Lawyers (Au-Ag) Howards Pass (Pb-Zn) Midway (Pb-Zn-Ag) Brandywine (Au) Kutcho Creek (Cu-Zn-Ag-Au) Kutcho Creek (Cu-Zn-Ag-Au) Rea Gold (Au-Ag-Cu-Pb-Zn) Mount Skukum (Au-Ag) Bear-Totem (Au-Ag) Mount Milligan (Au-Cu)

Modified after Brummer J.J. et al., 1986, "A Historical Perspective of Exploration Geochemistry in Canada - The First 30 Years", R.G. Garrett ed., Journal of Geochemical Exploration, Elsevier Science Publishers, Vol. 28, No. 1/3, June 1987, pp. 1-39.

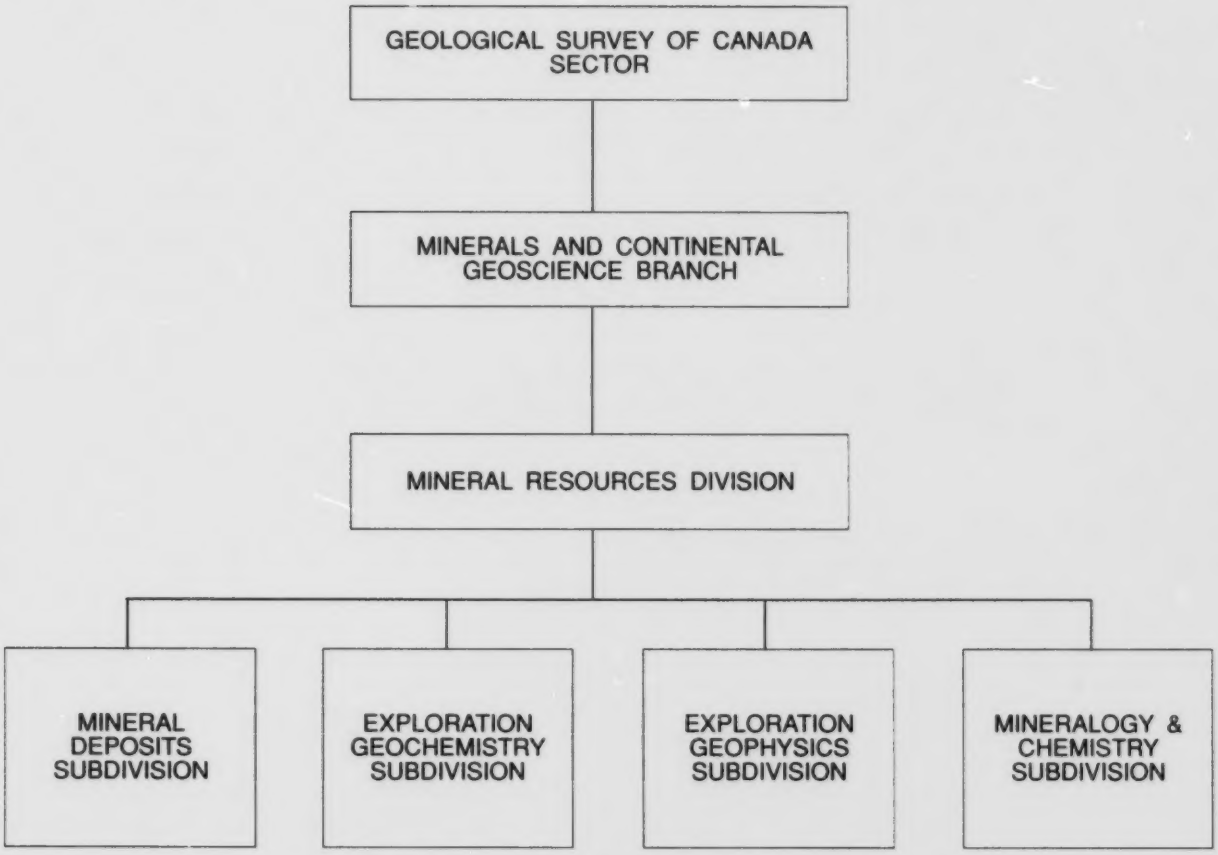

Figure 1a. Organizational chart - Mineral Resources Division.

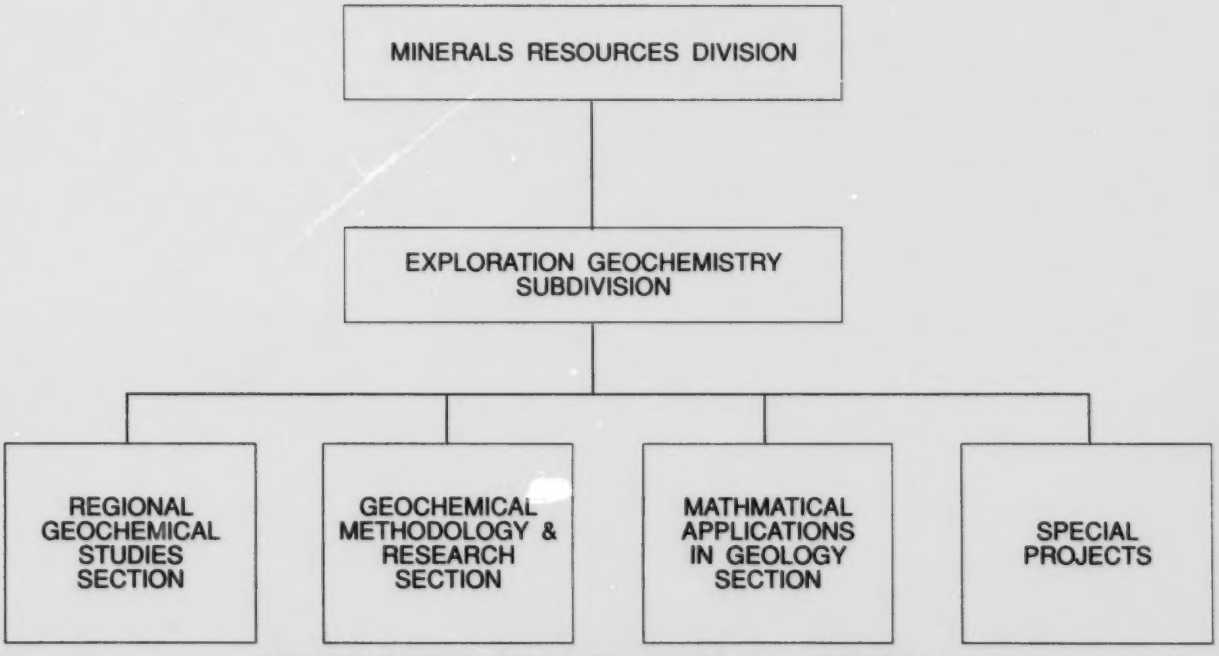

Figure 1b. Organizational chart - Exploration Geochemistry Subdivision.

disruptions of communication diminished morale and other anxieties. In 1988, the GSC management deemed the time appropriate for a Canadian Geoscience Council Advisory Committee to review the geochemical activities at the Geological Survey of Canada and formulate appropriate recommendations for the future.

The Advisory Committee and its Terms of Reference

Action on the 1985 proposal of the Naldrett Committee that an advisory committee be formed to advise on the activities of the Resource Geophysics and Geochemistry Division, has necessarily been delayed by the reorganizations that have been described. In late 1987, the Geological Survey of Canada requested the Canadian Geoscience Council to provide separate peer evaluations of both the geophysical and the geochemical activities in the GSC. A geophysical committee under the chairmanship of Dr. H.O. Siegel was first formed, and a geochemical committee of six under the chairmanship of Dr. J. Alan Coope, representing expertise in exploration geochemistry, Quaternary geology and mineral deposits geology from the academic, provincial government, and industrial sectors was formed in May, 1988 and held its first meetings in Ottawa in July, 1988.

The specific terms of reference of the Advisory Committee reviewing the Geochemistry Activities at the Geological Survey of Canada were developed as follows:

1. To determine and document the appropriateness and the current levels of geochemical research, method development and surveys at the Geological Survey of Canada.
2. To assess their impact and relevance to users in industry, university and government sectors and for Branch and Departmental responsibilities.
3. To assess the timeliness, relevance, type quality, and quantity of publications reporting on the results of geochemical research, method development and regional geochemical surveys.
4. To assess the range, adequacy, organization and quality of research equipment, support staff, analytical and computing services and contracting procedures available to support geochemical research, surveys and related activities.
5. To examine the methods and procedures used in originating, implementing, assigning priorities and managing geochemistry projects and regional surveys.

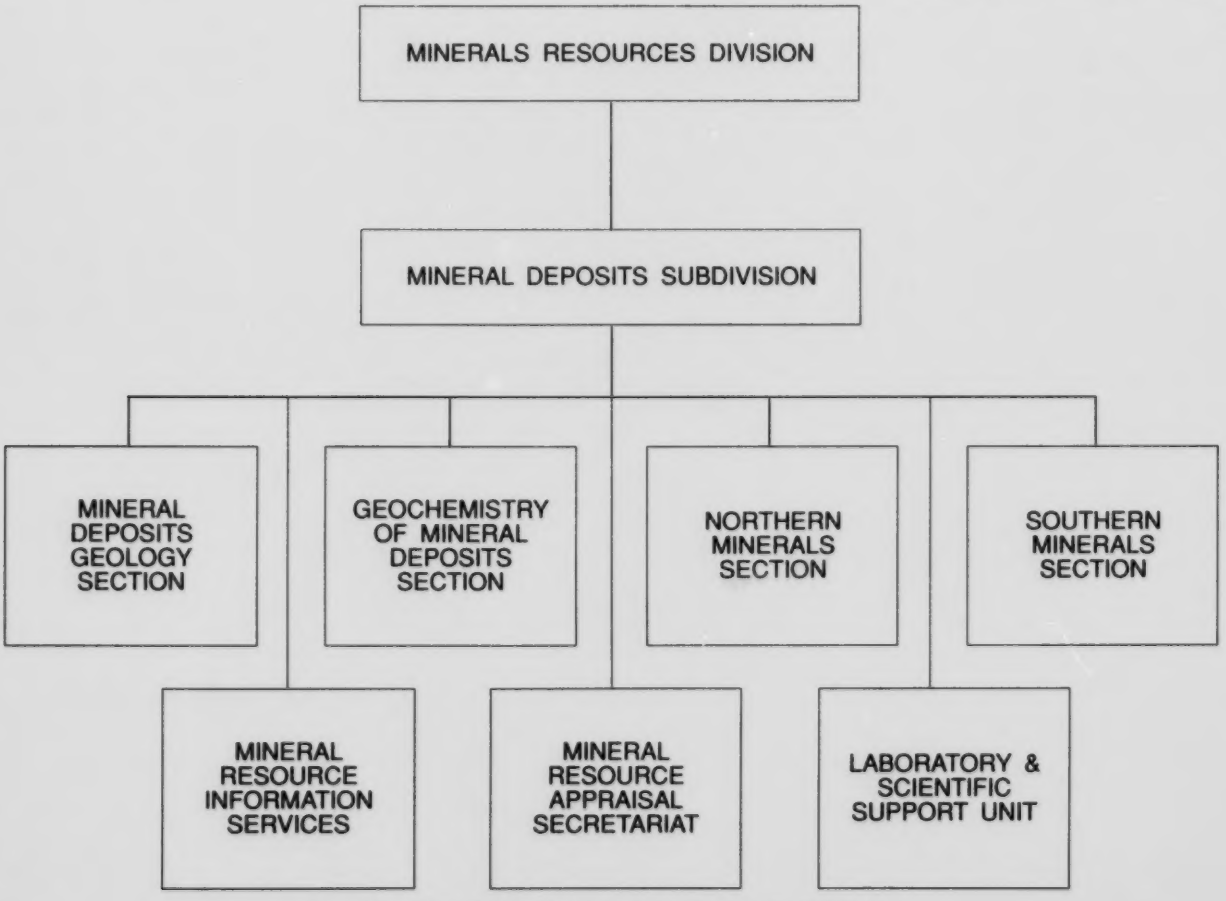

Figure 1c. Organizational chart - Mineral Deposits Subdivision.

6. To comment on the present organization structure of geochemical activities in the GSC.

7. To identify new initiatives and opportunities for geochemical research, method development and surveys.

8. To make written recommendations, as appropriate, to the Assistant Deputy Minister, Geological Survey of Canada Sector, concerning ways in which the quality and effectiveness of geochemical research surveys and reporting of results might be improved. The Canadian Geoscience Council Advisory Committee shall report its findings and appropriate recommendations in writing to the Assistant Deputy Minister, GSC. The report of the Committee shall be made public, but the mechanism and format of publication shall be determined by mutual agreement of the Assistant Deputy Minister, GSC and the Canadian Geoscience Council.

9. Unless otherwise agreed to by the Assistant Deputy Minister, GSC and the Chairman, Canadian Geoscience Council Advisory Committee, the Committee's report shall be submitted to the Geological Survey within one year of the formal commencement of the study.

Activities of the Advisory Committee

Following the directive of its mandate, the Advisory Committee addressed itself to the following activities:

1. Through interviews with GSC personnel:

   (a) Investigated the distribution of geochemical exploration activities within the various divisions and subdivisions of the GSC

   (b) Investigated the procedures used in the development and implementation of exploration geochemical surveys and research

   (c) Investigated the effect of the technical and organizational changes of the GSC in 1986 and 1987

2. Through selective interviews with personnel from the Departments of the Environment and Health and Welfare, investigated their interaction with GSC geochemical personnel and the value and usefulness of GSC exploration geochemical data in the programs of these departments.

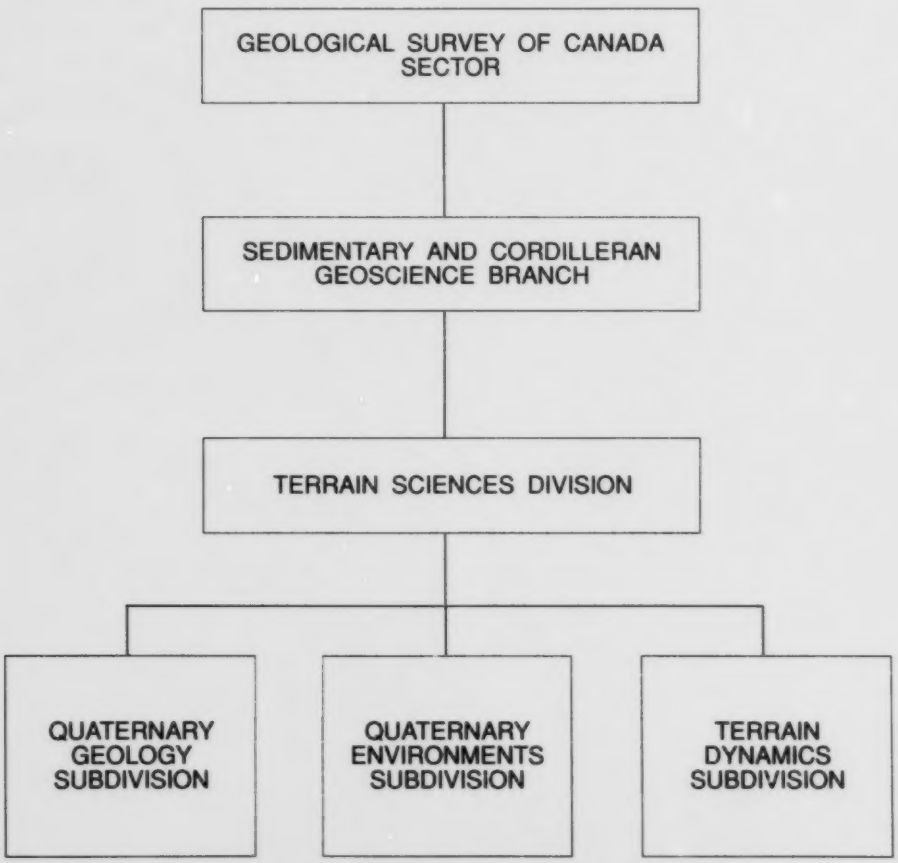

Figure 1d. Organizational chart - Terrain Sciences Division.

3. Through visits to offices of the Geological Survey of Finland, the USGS, and an additional interview with a geochemist of the British Geological Survey, compared the organization and conduct of geochemical activities relating to mineral exploration, environmental and other concerns.

4. Through the circulation of questionnaires to selected earth scientists employed in industry, provincial governments, and academia, investigated how well the GSC satisfies the needs of its various clients in these constituencies and how these constituents perceive the appropriateness and effectiveness of the geochemical activities in the GSC.

Of 163 questionnaires distributed to these constituent groups, 103 were returned, for a response of 63.2%. This high level of response reflects the concern and interest of the client communities in the geochemical activities of the GSC and has provided the Committee with valuable opinion on GSC geochemical output by clients outside the federal government.

Within the time constraints imposed by the terms of reference, these activities, plus the prompt responses of the GSC management to requests for background information and supporting data, has provided the committee with an adequate insight into fact and opinion to formulate conclusions and recommendations in response to its mandate.

The Committee finds, despite the generally favourable client response to past output and performance, internal problems of management, organization and morale are such that the exploration geochemical activities at the Geological Survey of Canada are at a critical crossroads. Difficulties and problems have been identified, and this report presents several recommendations for consideration.

THE GEOCHEMICAL PROGRAM WITHIN THE GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA

Geochemical output originates primarily from the following sources within the Geological Survey of Canada:

1. Mineral Resources Division: (Figs. 1a, 1b, 1c)
   - (a) Exploration Geochemistry Subdivision
   - (b) Mineral Deposits Subdivision
   - (c) Mineralogy and Chemistry Subdivision
2. Terrain Sciences Division (Fig. 1d)
   - (a) Quaternary Geology Subdivision
3. Institute of Sedimentary and Petroleum Geology
   - (a) Petroleum Geology Subdivision (Organic Geochemistry)

As noted in the introductory sections to this report, the availability of improved analytical technologies and advances in scientific understanding have stimulated increased utilization of geochemical measurements in the majority of earth science disciplines practiced within the GSC. However, since the prime focus of the Committee's mandate is to evaluate geochemical activities bearing on mineral exploration application, attention has been directed primarily to geochemical activity of the Mineral Resources and Terrain Sciences Divisions (1 and 2 above).

Objectives and Activities of Subdivisions within the Geological Survey of Canada Generating Geochemical Output

Within the Mineral Resources Division, the **Exploration Geochemistry Subdivision** conducts research on geochemical processes and on the development, application, and evaluation of geochemical exploration methods to assist the mineral exploration industry and to aid government resource assessment and geological mapping programs. It provides geochemical data relevant to environmental and health problems, land use planning and, through the Mathematical Applications in Geology Group, develops and applies mathematical and statistical methods for the integration and interpretation of geochemical and other geoscience data.

Prior to the 1986 reorganization, the predecessor to the Exploration Geochemistry Subdivision (the Resource Geochemistry Subdivision of RGG) included a laboratory section for analytical development and routine analysis. With the reorganization, this analytical group was included in the Mineralogy and Chemistry Subdivision. Currently the Exploration Geochemistry Subdivision is a major client of the Analytical Methods Development Section within this subdivision.

The **Mineralogy and Chemistry Subdivision** provides analytical and mineralogical services in support of Division and Sector research activities and develops analytical techniques to fulfill the requirements of its clients and for transfer to commercial laboratories. The subdivision is also responsible for the curation of National and Geological Survey of Canada rock, mineral and meteorite collections, and for the provision of mineralogical information, including the sale of reference rocks and mineral sets to the public.

The **Minerals Deposits Subdivision** conducts research on the mechanisms of formation of mineral deposits, interprets the relationships of mineral deposits to the geological characteristics of Canada's principal geological regions, and maintains a national information base on the nature, distribution, and geological characteristics of Canada's non-hydrocarbon mineral resources. Through the integration of results from these activities (including increasing amounts of geochemical data), guidelines and models for use by the Canadian exploration industry are developed. Input is also provided in the development of government policies related to resource management and land-use planning activities.

The Mineral Deposits Subdivision is also a major client of the Mineralogy and Chemistry Subdivision. This service includes both routine and special analytical work aimed, to an important degree, at the study of the metal distributions in

rocks, minerals, and other geological materials in mineral deposit environments and the resolution of problems of mineral deposit genesis.

The prime objectives of the **Quaternary Geology Subdivision** are to provide a Canada-wide inventory of surficial materials and landforms, to establish the stratigraphy and environmental history of Quaternary deposits, and to provide basic data on drift composition and provenance and on geological processes acting on the landmass.

Exploration Geochemistry Subdivision (Fig. 1b)

The activities of the Exploration Geochemistry Subdivision are subdivided into three broad categories:

(i) Geochemical Methodology and Research

(ii) Data Integration and Analysis

(iii) Regional Geochemical Studies

The Operational Plan (Appendix A) of the Subdivision for the 1988-89 fiscal year provides some additional details and geographic distribution of the various activities. Except for salaries of the supervising geochemists and chemists and the cost of some sample re-analyses, all the expenditures incurred in the Regional Geochemical Studies ($1.7 million in 1988-89) are financed through the MDA program. The activities included in Geochemical Methodology and Research and Data Integration and Analysis are financed through A-Base funding ($1.6 million in 1988-89). Salaries constitute 66% of the A-Base in comparison to only 13% in the MDA programming, reflecting the salary exclusions and the higher proportional cost of contracted sampling and analytical services.

The prime objective of the **Geochemical Methodology and Research Section** is the development of geochemical methods having practical application in mineral exploration and other industries needing geochemical data. Currently most of the research is directed towards gold, silver, and the platinum group of metals. The Section includes six research scientists specializing in a variety of methods of geochemical exploration and two scientists responsible for data management and other support. Current studies include till geochemistry, heavy mineral studies, isotope studies, biogeochemistry, hydrogeochemistry, lithogeochemistry, and the application of computer-based data analysis systems.

The till geochemical program commenced in 1986 and represents a late effort by the Exploration Geochemistry Subdivision to investigate exploration methodology first applied during the EGMA program and used extensively by industry in exploration for base metals, uranium and later for gold over the past 12-15 years. The research is integrated with workers in the Quaternary Geology Subdivision and includes the study of glacial stratigraphy, the lithogeochemistry of the underlying bedrock, the geochemistry of different size fractions and the heavy mineral component of tills.

Intermittent biogeochemical studies which characterized the GSC program since the early 1960s, gave way in 1985, to the current, longer-range studies in the boreal forest regions which are now being internationally acknowledged and closely followed. The roof-top biogeochemical laboratory has been reestablished in Ottawa to supplement and complement field studies.

Activity in hydrogeochemistry has been three years of instrument/sample tool development and patent application without completion of surveys or release of data to the public.

In addition to the lithogeochemistry included in the till studies program, one subdivision geochemist is working closely with scientists in the Mineral Deposits Subdivision in investigations of gold-copper porphyry systems in the Cordillera, and isotope studies are being pursued in the investigation of the genesis of precious metal deposits in the Abitibi region and Scandinavia.

Data integration and analysis within the Exploration Geochemical Subdivision is achieved through the work of the *Mathematical Applications in Geology* Section supplemented by scientists from the Regional Geochemical and Geochemical Methodology and Research Sections who are involved with technology transfer. The five research scientists in the Mathematical Applications Section are charged with (1) the development and the application of probablistic methods of mineral resource estimation for land use planning purposes; (ii) the development and application of new methods for the integration and interpretation of various geoscience data sets, including LANDSAT and other remotely-sensed data; (iii) the development of statistical methods for exploration geochemical and other related geoscience data; and (iv) the provision of statistical expertise and services to projects throughout the Geological Survey.

Although included in the Exploration Geochemical Subdivision, it is quite apparent that the Mathematical Applications Section serves the whole of the GSC as well as other sectors of the federal government. However, the closer administrative association as well as the obvious applicability of statistical and image analysis to the interpretation of geochemical data is contributing to the closer integration with exploration geochemistry within the Subdivision. This is clearly seen with the adaptation of the SPANS, Spatial Analysis System, and the EASIPACE, Image Analysis System, to spatial data integration studies of data from Nova Scotia, New Brunswick and Saskatchewan. In addition, new statistical techniques and the corresponding computer programs have been developed for the analysis of truncated and randomly censored data typical of multielement geochemical analytical results with detection limits.

Technology transfer investigations, primarily by personnel outside the Mathematical Applications Group, include the recently completed computer-based geochemical data system, IDEAS, the development of laser-plotting procedures for geochemical maps and expert systems applications.

The objectives of the **Regional Geochemical Studies Section** are to carry out geochemical reconnaissance surveys and related orientation/follow-up studies to: (i) provide a national geochemical database and (ii) to develop and improve the methodology and methods of interpretation and data integration. The regional survey data are used by industry in mineral exploration and by governments as a database for resource assessments. The data can be further applied to assist geological mapping in covered areas and to provide relevant information for the investigation of environmental and public health concerns.

To meet these objectives the Section undertakes the following activities:

(a) conducts regional geochemical drainage surveys

(b) conducts reanalysis of archived samples

(c) conducts orientation, follow-up and interpretive studies related to the regional surveys

which are financed primarily through Mineral Development Agreements (MDA's) with the provinces.

The majority of the Section's resources are directed towards the completion of drainage surveys and releasing the results as part of the National Geochemical Reconnaissance (NGR) program. Approximately two million km^2 of the Canadian landmass (totalling 9.92 million km^2) were covered by the NGR program to the end of 1988. Seven hundred thousand km^2 have been covered under the 5 year MDA program which began in 1984. Major components of these surveys are contracted-out and it is the role of the Section to provide the geochemical and organizational expertise and monitor all contracted work to ensure quality control in all phases of the surveys. Most of the surveys that have been undertaken are multielement, relatively low density (1 sample/13 km^2), helicopter supported, stream and lake sediment and water surveys that are synonymous with the NGR program. In recent years a number of changes and options have been incorporated into the methodology including higher density (1 sample/2 km^2) surveys in specific areas of high economic potential; high density infill surveys in previously covered areas to encourage industry follow-up; the addition of Au, Sb, W, Ba and Sn to the core analytical suite, and improvements in data management and presentation.

The following is a summary of the Section's activities during the first 5 years of the MDA program.

- Let 28 sampling contracts
- Coordinated 25 field programs
- Trained 19 collection crews
- Checked 60,000 incoming sediment and water samples
- Monitored the analysis of 98,000 samples (~2.3 million determinations)
- Produced 48 new data open files (~1010 geochemical maps)

Approximately 560,000 acres of mineral claims were staked following publication of results in 1986 and 1987, mostly by individual prospectors and junior mining companies.

Excess sample material from the NGR program has been catalogued and placed in archival storage. Approximately 180,000 samples are now stored and over a recent 4 year period over 17,000 of these samples have been retrieved for additional analysis, primarily for Au and up to 33 additional elements by neutron activation.

More specific studies are conducted to address particular problems of regional surveys. This work, which may be in the form of orientation, follow-up, interpretive, analytical or data presentation studies, is of value in the evaluation of the regional surveys and of exploration strategies. Such studies have included the evaluation of a (1) lake sediments as a medium for Au and PGE exploration, (ii) the use of various stream sediment media in New Brunswick, and (iii) ICP and INAA analytical techniques for the generation of "core" NGR data, (iv) data management and (v) data presentation techniques.

Mineralogy and Chemistry Subdivision (Fig. 1a)

The Mineralogy and Chemistry Subdivision includes the Sample Preparation and Mineral Separation Unit, the Analytical Chemistry Laboratories and the Analytical Methods Development Unit. Other responsibilities of the Subdivision include the GSC Mineralogical Laboratories, the curation of rock collections including the National Mineral and the National Meteorite Collections and the preparation and sale of rock and mineral sets and guidebooks. The total complement in the Subdivision is 47 person years distributed as follows: Mineralogical Laboratories - 10; Sample Preparation Laboratories - 5; Curation of Collections - 4; Rock and Mineral Sets - 5; Analytical Chemistry Laboratories - 15; and Analytical Methods Development - 8. In conformity with its mandate the Committee has focussed its attention on the Sample Preparation and Mineral Separation Analytical Chemistry Laboratories and the Analytical Method Development units.

As a support service facility the *Analytical Chemistry Laboratories* provides analyses for over 40 different elements to scientists in all divisions of the GSC. The most popular service is a "whole rock" (19 element) analytical package, but considerable effort is devoted to non-routine samples requiring special analytical procedures. In 1987-88 the Mineral Resources Division submitted almost 80% of the samples that were analyzed. The Analytical Laboratories are not responsible for the routine analysis of exploration geochemical samples, such as soils and sediments or lithogeochemical samples generated through the MDA programs. This work along with some routine rock analyses is largely contracted out to commercial laboratories.

The facilities and performance of the Analytical Chemistry Laboratories were criticized in the Naldrett Report (1986). However, following acquisition of a simultaneous ICP spectrometer in 1984 and an automated XRF in 1986, the

laboratory is now better equipped to meet its clients needs. More recently, the unit has been providing special analyses using the ICP-MS instrument shared with the Analytical Methods development unit. Despite a slight decline in staff over the same period, there has been a very substantial increase in the number of samples processed annually from 5205 in 1984-85 to 12,795 in 1987-88. The laboratory has established its own quality control procedure by including blanks and approximately 5% random duplication of sample materials.

In 1987 the 50th and 90th percentiles on turnaround time on requests for analysis were 90 and 166 days, respectively. The average turnaround of 90 days is lengthy, but perhaps not unreasonable for the analysis of samples with highly variable and difficult (i.e., highly mineralized) matrices. However, a significant number of requisitions take considerably longer. In many instances the main problem affecting turnaround relates to unexpected surges in the receipt of samples from Survey geologists and previously unannounced requests for specific analyses requiring special procedures.

In the 1986 reorganization most of the staff and resources of the Analytical Laboratories unit of the Resource Geochemistry Subdivision of RGG were regrouped into *Analytical Methods Development* Unit and transferred to the Mineralogy and Chemistry Subdivision. Their mandate was expanded as follows:

- Advancement in analytical methods to support GSC projects and the mineral exploration community;
- Development of methods for other matrices;
- Examination of new technology for application in geo-analysis;
- Improvements in existing technologies, and the securing of patents;
- Transfer of methods developed in-house to industry
- Evaluation of methods used in industry

The unit is well equipped with modern analytical instrumentation including a Sciex ICP Mass Spectrometer (1986), a Yvon-Jobin sequential ICP-ES and several atomic absorption spectrometers. Despite a small staff of 8, advances in analytical geochemistry are being successfully tackled on several fronts and results published. In this context, the various constituencies of GSC clients all regard analytical development by the GSC as an important activity and generally give its output a high rating for relevance. In addition to analytical development, the unit also undertakes a substantial number of "routine" determinations that have not yet been included in the repertoire of the Analytical Chemistry Laboratory.

Sample preparation, including the crushing and pulverizing of rocks for chemical analysis, is the responsibility of the *Sample Preparation and Mineral Separation Unit*. The activities of this relatively small unit (5 person-years), while under the supervision of the Head of the Mineralogy and Chemistry Subdivision, are conducted with only very limited communication with the Analytical Chemistry and the Analytical Methods Development Units. These relationships are the subject of comment in the following discussion of the Mineralogy and Chemistry Subdivisions.

Mineral Deposits Subdivision (Fig. 1c)

Mineral deposits research is heavily dependent on geochemistry and is applied in research not only within the Geochemistry of Mineral Deposits Section but most of the other Sections within the Subdivision. Geochemical investigations – lithogeochemical, isotopic, fluid inclusions, etc. – are applied principally to better understand mineral deposits and their environments of formation, but with the expectation that the findings will lead to the definition of detailed geochemical exploration methodology within mineralized systems and, less directly and with less certainty, indicate more regional techniques dependent on an understanding of the geological environment.

Programs in recent years have been directed towards the investigation of gold and platinum group element mineralization in Cordilleran and Canadian Shield settings and have revealed potentially significant relationships between S and Se and PGE's and sulphur, alkaline oxides and gold in specific areas. Other applications have been made in the study of tin and tungsten deposits in the Appalachians and in the investigation of sedimentary basins along the Yukon-NWT border. Joint investigations with personnel from the Geochemical Exploration Subdivision are underway in the Sulphurets district of British Columbia and other investigations have required joint development of analytical methods with chemists in the Analytical Methods Development Unit. One such example of this integration has been the development of analytical techniques for the investigation of samples from the Seafloor Minerals Project off the coast of British Columbia.

It is quite clear from the Committee interviews that several projects within the Mineral Deposits Subdivision have benefitted, and, indeed, have been stimulated by close, integrated involvement with trained geochemists both within and outside the subdivision. Clearly, this integration should be continued and encouraged. The translation of geochemical characteristics outlined by research in mineral deposit environments into practical geochemical exploration methodology is always a significant challenge and should always be highlighted as a prominent objective by GSC management.

Terrain Sciences Division (Fig. 1d)

The application of geochemical methods in research into Quaternary geology problems dates back to the early 1960s. The history of its application in the work of the Terrain Science Division is recorded elsewhere in this report.

Prior to 1986, the main thrust of geochemical research in Terrain Science was through the Sedimentary and Mineral Tracing Group (SMTG). Following the dissolution of this Group, widely spaced till sampling, a methodology developed by SMTG, has been routinely included in mapping programs of the Quaternary Geology Subdivision financed with A-base or MDA funding.

The Quaternary Geology Subdivision has been heavily involved in MDA programs in the Maritime Provinces, Ontario, Manitoba and the N.W.T. with a 1988-89 budget commitment of $1.35 million. These projects are located in areas having mineral potential but where drift cover is extensive. An additional $100,000 is allocated for the Quebec Geoscience Program. These figures compare with a budget of $2.04 million for "A" base programs.

The quality of geochemical data produced during the early years of the MDA programs suffered because of inadequate specifications for sample preparation and analysis in contracts negotiated with commercial laboratories. In more recent years procedures have been developed to remedy these problems through closer coordination and input from personal in the Exploration Geochemical Subdivision. Standard reference samples have been obtained from the Exploration Geochemical Subdivision and more interaction has developed between geochemists from this Subdivision on specific geochemical problems.

The low density till sampling technique developed by the TSD (650 samples/1:250,000 map sheet) is widely used in the MDA survey programs as a standardized procedure to supplement surficial mapping and the definition of till units and the sequence of Pleistocene events. Despite the very low density of some of the TSD sampling programs, strongly anomalous values always receive follow-up attention by private companies and the Quaternary stratigraphic information is of value to industry in the planning and the subsequent interpretation of geochemical exploration programs.

The degree of geochemical input into A-base Quaternary mapping programs is less clear to the Committee because limited geochemical expertise is available to several projects being carried out in the Eastern and North-Central regions. Approximately 13% (5 PY's) of the Quaternary Geology Subdivisions' 1987-88 A-base budget of $1.75 million (28 PY's) was allocated to acid-rain related studies in southeastern Ontario, to mineral exploration research predominately into the geochemical behavior of gold and PGE's in tills and soils, and to clay mineralogy studies on samples from the Juan de Fuca Ridge.

DEVELOPMENT OF EXPLORATION GEOCHEMICAL ACTIVITIES IN THE EXPLORATION GEOCHEMISTRY AND QUATERNARY GEOLOGY SUBDIVISIONS

A general historical review of the exploration geochemical developments in the GSC presents an informative background to the current distribution of exploration geochemical activities in the Mineral Resources and Terrain Sciences Divisions and serves to explain some current difficulties.

Prior to 1962, all geochemical research and development in support of mineral exploration in the Geological Survey was pursued by scientists in the Resource Geophysics and Geochemistry and its predecessor Divisions. As noted, these developments in exploration geochemistry included work with stream sediments, soils, stream and spring waters in the Yukon and the Maritime Provinces through the 1950s. The relatively poorly developed drainage patterns and extensive, transported glacial cover in regions of the Canadian Shield dictated a much slower development of exploration techniques in these regions. Geochemists in the Geological Survey commenced biogeochemical research in glaciated environments in 1962, at approximately the same time as the Terrain Science geologists began classical mineralogical and clast studies down ice of the Kirkland Lake gold camp and identified particulate gold in shallow tills. These results and those from orientation studies completed by geochemists in tills over the Louvem deposit in 1969 provided justification for the EGMA program of overburden drilling to sample tills in the thick glacial successions in the Abitibi region in 1971. This program also funded the first regional lake bottom sediment survey (36,000 km^2) in the Timmins-Kirkland Lake-Rouyn- Val d'Or region in the same period.

In 1973, the Sedimentology and Mineral Tracing Section of the Terrain Sciences Division embarked on studies of metal distribution in eskers and tills, and in cooperation with Queen's University, the dispersion of metals in lake sediments and waters in glaciated regions. The Sedimentology and Mineral Tracing Group gained world-wide recognition particularly for demonstrating the benefits and the utilization of size-fraction partitioning in till sampling studies.

Near-shore lake sediment sampling was investigated by the Geological Survey in 1972 in the Northwest Territories and applied to large scale reconnaissance surveys (93,000 km^2 at a site density 1 per 26 km^2) in the Bear-Slave region. However, profundal or centre-lake sampling, first developed and utilized in the southern Abitibi survey in 1971 and further evaluated in Newfoundland in 1972, eventually became the preferred technique for the National Geochemical Reconnaissance Program which commenced with regional surveys in Newfoundland in 1973 and in Saskatchewan in 1974.

The Federal/Provincial Uranium Reconnaissance Program (URP) was established in 1975 to provide industry with high quality reconnaissance exploration data to indicate areas having the greatest probability for the location of new uranium deposits and to provide the federal government with national systematic data to serve as a basis for uranium resource appraisal. Stream and lake sediment sampling at a density of 1 per 13 km^2 formed the geochemical component of this program. With strong urging and support from several provinces, these surveys continued as a revived National Geochemical Reconnaissance program after the federal government ended funding to URP in 1979.

The contrasting scientific philosophies caused by the preference for till sampling in the Sedimentology and Mineral Tracing Group and the preference for drainage sampling (lake sediment and, where applicable, stream sediment sampling) for exploration in glaciated areas by the exploration geochemists became the basis for philosophical differences and rivalry between the Terrain Science and the Resource Geophysics and Geochemistry Division in the mid-1970s. This problem was accentuated by the federal government's allocation of special funds for the Uranium Reconnaissance Program conducted by RGG.

Generally, URP was favourably received with 73% of industrial respondents to a 1977 questionnaire indicating the program to be a proper pursuit of the Federal/Provincial governments. However, there was a strong opposition (50% of the respondents) to Geological Survey of Canada follow-up on the reconnaissance data collected during the program on the grounds that this would be an unwelcome government incursion into the mineral exploration field and would place government in direct competition with industry. Although limited follow-up work was being done, the perceived emphasis on areal coverage resulted in URP being classified by some observers as a routine data gathering program without a research component. This led to philosophical arguments within the GSC that the URP undertaking was inappropriate Survey practice.

The Uranium Reconnaissance and National Geochemical Reconnaissance programs were well received in the private sector and the published information stimulated expanded mineral exploration activity. This experience, along with other factors, prompted the provincial governments (who have vested administrative control over mineral rights in their respective jurisdictions in Canada) to negotiate joint 5 year Mineral Development Agreements (MDA's) with the federal government to expand resource evaluation coverage. These MDA programs commenced in 1984, and progressively through the 1988-89 fiscal year they have become a dominant activity in several GSC Divisions. The commitment of the Exploration Geochemistry Subdivision to MDA's through the Regional Geochemical Studies Section constituted approximately 52% of the Subdivision budget of 3.3 million dollars in 1988-89.

The continually growing appreciation in industry and government (provincial and federal) of the need for a greater understanding of Quaternary stratigraphy in mineral exploration, created the opportunity for the Terrain Sciences Division to participate in the MDA programs and, in 1988-89, 41.5% of the budget of the Quaternary Geology Subdivision ($3.48 million) was allocated to MDA work.

In keeping with their developed expertise, Quaternary Geology Subdivision's contribution to the MDA projects are concerned mainly with determining the distribution, history and provenance of glacial drift, and demonstrating the use of the geochemistry of glacial drift in mineral exploration. In its contribution, the Exploration Geochemistry Subdivision conducts geochemical drainage surveys to develop and improve methodology and to provide a high quality, national geochemical data base to promote and support mineral exploration by the private sector.

The Committee has found that the differences in scientific philosophy between the Quaternary Geology and Exploration Geochemistry subdivisions have continued into the period of MDA programs and, with few exceptions, have resulted in somewhat negative competitive rather than positive cooperative attitudes between both scientists and administrators in the two groups. These differences have, no doubt, been heightened through the competition for the additional, available funding under the MDA program.

Clearly, it is the mandate of the Mineral Resources Division to develop concepts and technologies to aid Canadian industry in the search for new resources, and the Committee believes that it would be in the interests of all the clients of the Geological Survey of Canada if activities pertaining specifically to the development of mineral exploration concepts, technologies, and methodologies be the responsibility of the Mineral Resources Division. With respect to exploration geochemical methods, the responsibility for this should be with the Exploration Geochemistry Subdivision.

It is acknowledged that geochemical measurements and investigations in Quaternary geology studies are an important contributor to the definition of the provenance of the variety of glacial facies, and it can be confidently predicted that the contributions of chemistry in terrain mapping will increase with time. It is also acknowledged that the glacial erosion of a mineral deposit will create a distinctive and readily identifiable signature in the resulting glacial facies which will aid in the evaluation and clarification of developing ideas on the source of these facies and the processes involved in their formation. In this context, till geochemistry becomes an important accessory tool and a surrogate for mineralogy. However, the target signatures and the sampling strategies most suited to the resolution of provenance in the Quaternary succession contrast significantly, in a majority of situations, with the sampling strategies and metal associations necessary for effective mineral exploration in the same terrain. Thus, to achieve both of these objectives in the same reconnaissance program necessitates a compromise of efficiencies.

To reaffirm that exploration geochemical methodological, conceptual and technological development is the mandate of the Exploration Geochemistry Subdivision will not detract in any way from the economic importance of the study of Quaternary geology. This has been demonstrated many times and the importance of an understanding of Quaternary geology in relation to petroleum exploration, pipeline, and other commercial construction as well as its value in assisting in the interpretation of mineral exploration data and in identifying and solving natural hazard and environmental problems is strongly endorsed by the Committee.

It is, therefore, recommended that future geochemical programs of the Quaternary Geology and Exploration Geochemistry Subdivisions be critically evaluated in terms of the Divisional and Subdivisional objectives and that

personnel with developed expertise in the determination of provenance and genesis of Quaternary deposits as applied in geochemical exploration be transferred to the Exploration Geochemistry Subdivision. These personnel should be integrated into a recognized group within the Exploration Geochemistry Subdivision concerned with drift studies and the geochemistry of the surficial environment.

In presenting these recommendations pertaining to exploration geochemical activities in the Geological Survey of Canada, the Committee wishes to emphasize that, in no way, should they be interpreted as a negative evaluation of the importance or the quality of the work of the Terrain Science Division.

THE EFFECT OF CHANGES IN THE ADMINISTRATION OF THE EXPLORATION GEOCHEMISTRY SUBDIVISION AND PROPOSED SOLUTIONS TO IDENTIFIED PROBLEMS

Prior to the 1986 and 1987 reorganizations of the Geological Survey, the Director of the Resource Geophysics and Geochemistry Division (RGG) reported directly to the Director-General, the senior officer in the GSC management structure. Following reorganization, the mineral exploration-oriented subdivisions were separated from the most senior GSC officer by an additional level of administration and decision-making.

Following numerous interviews, it became apparent to the Committee that the reorganizations had a variable impact on personnel in the Exploration Geochemistry Subdivision.

The changes, particularly the 1986 technically driven change and the implied de-emphasis of applied research in mineral exploration methodology within the GSC, came unheralded and were very unsettling to some of the longer term employees of RGG. The transfer of the administrative control of the geochemical exploration laboratories into the Mineralogical and Chemical Subdivision and a reduction in the allocated financial resources compounded the disappointment and loss of identity felt by these personnel who had previously worked closely at the project level with the laboratory chemists in the development of analytical methods and had enjoyed greater financial support. In addition, and in part because of the new administrative structure, effective communication with management in the Division declined.

A management proposal to form a multidisciplinary exploration technology development subdivision within the Mineral Resources Division to include geochemists, geophysicists, and laboratory personnel, presented before the 1987 restructuring but after the 1986 reorganization, was rejected.

Two geochemists, whose research interests included detailed investigations and process studies, accepted an invitation to join the Mineral Deposits Subdivision to conduct lithogeochemical research into the genesis of mineral deposits and to study ore fluids in the offshore.

Exploration geochemists joining the Subdivision either during or immediately after the reorganizations have not been significantly affected and work effectively, commonly in close coordination with scientists in other subdivisions.

The inclusion of the Mathematical Applications in Geology Section as part of the reorganization is generally considered to be a move of convenience. While some of the work of this small but nationally and internationally well-regarded mathematical group does not relate directly to exploration geochemistry, the expertise in this group in multivariate analysis, image analysis and integration of exploration data sets is of critical importance in the development of geochemical and other earth science interpretational procedures. The effectiveness of the Mathematical Section has not been diminished by the reorganization, and the group is successfully integrating its expertise with scientists in other subdivisions through well-developed interpersonal skills.

The Analytical Laboratories unit of the Resource Geochemistry Division of RGG became re-established as the Analytical Methods Development unit within the Mineralogy and Chemistry Subdivision. These chemists now serve the whole Geological Survey Section and have less contact with senior management than previously. With some personnel, professional satisfaction and productive interaction has declined. The main work of the Section is the development of new analytical techniques to meet specific requirements of research scientists. The greater part of the R and D work is in collaboration with the Exploration Geochemistry Subdivision, and once developed, the analytical techniques are transferred to the commercial sector for routine analysis of GSC samples. Other important work includes the monitoring of routine analytical work on MDA geochemical samples performed in the private sector.

It is apparent from these summaries that the Exploration Geochemistry Subdivision in addition to losing expertise and resources has lost considerable professional momentum and morale as a result of the reorganization within the Geological Survey. The perceived de-emphasis of applied exploration research within the Geological Survey, the reluctance among longer-term scientists to accept change, the loss of communication and scientific leadership and the inability of management to develop the necessary flexibility and initiatives to be influential in the new Survey organization has led to a pronounced lack of focus and mission within the Exploration Geochemistry Subdivision.

Because geochemical methods are effective and well-established in Canadian mineral exploration the Advisory Committee strongly recommends (a) that the Geological Survey of Canada reaffirms its important role in sustaining a vigorous and active program of research and development of exploration geochemical concepts, technologies and methodologies through The Exploration Geochemistry Subdivision, and (b) in addition, the Exploration Geochemistry Subdivision takes full advantage of the opportunity and setting within the Geological Survey of Canada to revitalize the overall geochemical program within the framework of a long-term national mapping

program and through integrated involvement in the investigation of exploration problems, advance the development of exploration science and technology in support of the mineral industry. The situation presents an exciting challenge for innovative personnel management and scientific leadership.

In addition, it is clear that within the Subdivision (and, more generally, within the Mineral Resources Division),there is (a) a dangerously low level of technical support reflected in the imbalance between the number of research scientists and the number of junior scientists and technical assistants and (b), a perceived ceiling on advancement due to existing limitations on the number of senior research scientists. In concert with the above recommendations, the Committee urges management to address these personnel issues by providing proper recognition and assurance and additional means of technical support.

ENVIRONMENTAL GEOCHEMISTRY

A common theme among the numerous presentations to the Committee has been the recommendation that the GSC redirect some of its resources into the fields of environmental earth science. It is now much more widely appreciated that the geoscience and particularly the geochemical database, contains a wealth of information fundamental to the understanding of the environment. This view is shared by the Committee.

The Department of Energy, Mines and Resources has been concerned with environmental issues for many years and, in 1973, established an Office of Environmental Affairs to coordinate its efforts with other federal and provincial agencies and the mineral industry.

Procedures for pollution prevention during the development and exploration of mineral resources have been incorporated into waste-management programs. Research has been carried out into alternative, potentially less polluting energy sources, and also on improved technologies for processing and extracting metals, both leading to more efficient uses of resources. In addition, guidelines were developed for environmental protection.

It is anticipated that in the foreseeable future, EMR will intensify its involvement in these activities and in the implementation of a national "sustainable development" program.

Traditionally, within EMR, the Geological Survey of Canada has not had a mandate to pursue environmental studies and, to this time, has had little involvement with environmental issues despite the fact that a considerable amount of relevant information is routinely collected during GSC programs and added to the geoscience data base.

However, in May 1988, the Minister of Energy Mines and Resources reaffirmed EMR's commitment to the environment and this commitment has become embodied in the GSC Sector's strategic planning prepared in December 1988. The plan recognizes an environmental geology program focussing on national and local problems as a desirable new initiative to be implemented in the 1989-90 fiscal year. The favoured approach to these environmental issues would be through multi-disciplinary and problem oriented programs.

In addition, a recent report disucssing future directions of the Geological Survey of Canada (Lindseth et al., 1989) supports this involvement. The Canadian Geoscience Council Review Committee cites the increasingly evident interdependence of geological processes and natural and induced hazards, including the pollution of ocean and groundwaters, in support of its recommended creation of a Health and Environmental Division within the GSC.

At the same time, the Terrain Science Division has proposed future research to meet the objectives of the "International Geosphere-Biosphere Program: A Study of Global Change" directed by the Royal Society of Canada. However, this new research thrust, although requiring a conscious evaluation of environmental matters will not entail substantial changes in the TSD work programs.

It is with this background that the GSC geochemical contribution to environmental programs has to be examined and evaluated.

There is a near-unanimous consensus among research scientists and management that GSC input into the study of environmental problems is desirable. This is a reflection of the current global awareness and the need for basic geochemical baseline data to identify environmental problems and gauge environmental change.

The critical understanding of complex geochemical processes operative in terrestrial environments can only be contributed by geochemists through the study of regional geochemical data from a variety of naturally occurring media. However, there is no consensus on the level or form of geochemical involvement. Suggestions range from a modest increase in the measurement of chemical parameters on samples collected in ongoing programs, to active research programs in applied environmental geochemistry. The scale of recommended activities vary from intensive site studies to extensive, low density geochemical atlas coverages. All these kinds of activity, when pursued by other national geological surveys, particularly in Finland and Great Britain, have proven to be useful in environmental and epidemiological studies.

If the GSC does involve itself in environmental research, GSC scientists state that integrated process-oriented programs could be developed which would involve the geochemical group in (for example) "... a study of transport processes in glaciated environments (to) include the primary dispersion step by glacial action, the weathering of dispersed minerals, the transport of the weathered products by water or by gravity, the role of biota in this transport process, the role of higher vegetation, the importance of the organic cycle..." Such activities would fit well into a Health and Environmental Division within the GSC as proposed by the Lindseth report.

In response to the questionnaire distributed by this committee, respondents from universities and governments have indicated a clear interest in the GSC pursuing

environmental studies. A majority of industry and laboratory respondents also support this activity even though all four constituencies consider the field to be of only moderate relevance and importance compared with the GSC's traditional mandates. (Table 17, Figs 8,9)

The present level of collaboration between the GSC and other environmentally oriented federal agencies appears to be punctual, ad hoc, and based on personal contact. There is no formal liaison with the Department of the Environment, or with Forestry except for the ad hoc Acid Rain and Maple Dieback programs. Yet, the representatives of DOE interviewed by the Committee stated they would welcome collaborative programs with the GSC since DOE lacks scientists with earth science expertise. The Department of the Environment's primary concern is with ground and surface waters, and regularly attempts correlation of their data with published bedrock and surficial geological data as a surrogate for geochemical data on the terrestrial environment. Enquiry has revealed that the current sampling and analytical strategies used for routine regional geochemical surveys by the GSC would not be readily useable by environmental scientists, partly (1) because of their need for higher density surveys, partly (2) because they require data on elements not always included in mineral exploration programs (e.g., Al, Se and Hg), partly (3) because their interest is in "readily available metals" rather than the quantities identified following more rigorous chemical extraction, and partly, (4) because some of the standardized environmental analytical procedures specified by regulation are not the preferred techniques for mineral exploration surveys. GSC management should also be aware that the geographical areas of interest for DOE are more commonly urban areas and peripheral regions which may be locations of some industrial mineral installations but not economically attractive for metallic mineral discovery and development.

Scientists in the Health Protection Branch of the Department of Health and Welfare whose prime field of responsibility is domestic well-waters, are familiar with the GSC geochemical programs. Particularly, they are interested in overburden geochemistry data and their relationship to groundwater quality. Again, there is no formal liaison but there is a desire and a need for greater interaction and increased communication with geochemists within the Geological Survey although it can be anticipated that specific needs and requirements of Health and Welfare will vary from those of the geochemical mineral exploration survey in ways analogous to the DOE needs already described.

A move, within the GSC, towards a proactive role in environmental geochemistry will require (a) the employment of scientific personnel experienced in groundwater hydrology and hydrogeochemistry – areas of expertise and responsibility that were withdrawn from the GSC and transferred to DOE many years ago – and (b) the acquisition of additional field equipment and laboratory facilities to provide pertinent samples and analyses of relevance in environmental studies. More seriously, however, it is predicted that the necessary reallocation of financial and scientific resources within the GSC will inevitably lead to a dilution of expertise, energy and funds directed towards the traditional and important mineral applications of geochemistry. Not only will this de-emphasis affect the design and content of the geochemical exploration field programs but will predictably influence and probably overwhelm the present analytical development programs.

Consequently, because the geographic areas of interest and the sampling and analytical requirements for environmental surveys in many instances, will conflict with existing survey programs and procedures, the Committee does not recommend that the GSC should become proactive in environmentally-related geochemical activities since this will divert considerable resources from the established and important missions of providing pertinent information for use in mineral exploration and resource assessment.

While being firm in its recommendations regarding a proactive role by the GSC in detailed environmental surveys, the Advisory Committee, based on its observations of worldwide geochemical research, acknowledges that properly planned, regional exploration geochemical surveys of lake sediments, till and other media can provide valuable baseline data relating to mineral resources, surficial geology and the environment as illustrated by the following two examples:

(i) GSC scientists, in a study of the geochemical and compositional characteristics of glacial deposits over Precambrian crystalline rocks from Ottawa to Georgian Bay, have revealed the compositional links between bedrock, glacial drift and modern ecosystems represented by glacial lakes demonstrating that the chemical characteristics of lakes and their probable sensitivity to acid rain are predictable from a study of glacial and bedrock geology. The authors emphasize that the anthropogenic contribution of trace elements through acid rain (or any other cause) cannot be evaluated without reference to the same, local, entirely natural, geochemical variations which, in turn, commonly and frequently reflect mineralization potential.

(ii) Other countries, particularly Norway, Sweden and Finland, the United Kingdom and West Germany have collectively or individually conducted regional sampling programs involving a variety of media at sample densities varying from 1 sample/km^2 through 1 sample/300km^2. The results of these surveys have been published as *geochemical atlases* portraying natural patterns of distribution of a variety of elements. Although the merits and the usefulness of these regional data bases have been debated several times, they are now widely regarded as bold, innovative and extremely rewarding enterprises. Not only have the programs been significant in terms of geology and mineral deposit distribution, they have stimulated technical development and generated economic benefits through technology transfer. Furthermore, the atlas-type data are also now regarded to be of inestimable value to many other disciplines particularly as data bases for geochemical, epidemiological and other environmental research, agriculture and forestry.

It is therefore recommended that the GSC initiate a working group of GSC, DOE, Health and Welfare and other appropriate personnel from government and the private sector which would (a) be appraised of the extent and the purpose of the current geochemical data base generated through GSC programs (b) define the value of this existing geochemical data base to environmentally oriented scientific groups, and (c) examine how the existing exploration geochemical sampling and analytical protocols can be supplemented to provide useful environmentally-related data without compromising *in any way* the quality and quantity of output and the resources needed to sustain and continually improve the GSC's contribution to the mineral exploration industry through geochemical mapping and research.

The National Geochemical Reconnaissance (NGR) program, conducted at sample densities ranging from 1/2 km^2 to 1/13.5 km^2, obviously provides data of environmental significance in addition to its primary purpose of expanding the geological and mineral resource databases. To date, the NGR, which commenced in 1975, has covered approximately 20% of Canada's 9,976,000 km^2 area. Even fulfilling the original intent of surveying only those areas of probable and possible mineral potential, it is estimated, that at the funding levels so far provided, the intended coverage would take the Geological Survey an additional 40-50 years.

Based on the Scandinavian experience, the Committee recommends to the proposed working group that a two-tiered approach to the geochemical mapping of Canada (described in more detail in the manuscript by Dr. Davenport, included as Appendix (B)) be established to include, in addition to the ongoing NGR program, an ultra-low density, multi-media, country-wide survey (1 sample set / 300-500 km^2). As Dr. Davenport predicts, the ultra-low density surveys would (a) provide a relatively rapid, multifaceted overview of landscape geochemistry to address more fundamental geological, mineral resource and general environmental questions, (b) create the geochemical framework to which the more detailed (NGR) survey data could be related and, at the same time, (c) provide the basic regional chemical database for follow-up applied environmental studies requiring sampling and analytical procedures not having a direct mineral resource assessment application.

SURVEY OF OPINION ON GEOCHEMICAL EXPLORATION ACTIVITIES OF THE GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA

In order to gather reliable information to meet its terms of reference, the Committee conducted a survey to determine how well the geochemical group at the GSC satisfies the needs of its various client constituencies and how these constituencies perceive the activities and performance of the GSC scientists.

A questionnaire was sent to a selected group of knowledgeable individuals, experienced in the science of geochemistry, employed (a) in the exploration and mining industry, (b) as consultants to the exploration industry, (c) in the Universities, (d) by Provincial governments, and (e) by commercial laboratories offering geochemical analytical services.

The questionnaire, a copy of which is included in Appendix C, was divided into four sections. (1) The first section (Part A) requested information on the respondent's name and affiliation. Responses to this section were held strictly confidential to the Committee. (2) The second section (Part B) was aimed at eliciting some background information on the respondents with regard to their own use and interest in a range of geochemical activities. (3) The third part of the questionnaire (Part C) sought a measure of the awareness of respondents of the activities and output of the various geochemical groups at the GSC and a determination of how well this work serves the client's needs. (4) The fourth part of the questionnaire (Part D) asked for opinions on (i) the various facets of geochemistry which the groups perceived to be appropriate activities for the GSC and their relevance to their own work and needs, (ii) what alternative sources of geochemical information were available or should be available, and (iii) a difficult question for most respondents, an assessment of the performance of the various geochemically oriented groups in the GSC.

In addition, Parts E, F and G directed individually to university, government and laboratory respondents asked questions specifically directed to areas of interaction with the GSC e.g., joint regional funding and analytical contracting. No polling of the environment constituency was undertaken as the GSC's current involvement in this field is minimal. Likewise no questionnaires were sent to oil industry users of geochemical data.

A total of 163 questionnaires were distributed and 103 were returned for a response of 63.2% (Table 2). Although the absolute number of respondents in the government, university and laboratory groups is small, (Table 2), it should be kept in mind that they represent a high proportion of the geochemically-active population in these constituencies in Canada. The relatively low level of response from laboratories arises because although there are many laboratories doing production geochemical work, few offer the full range of services obtainable from nationally represented laboratories.

Table 2. Response to questionnaire

	OUT	IN	%	
Exploration Industry				
Large producers	32	28	87	
Small Producers	16	10	62	71%
Exploration Companies	21	15	71	
Consulting Companies	15	7	46	
Universities	15	10	66	66%
Governments	21	18	85	85%
Laboratories	43	15	34	34%
	163	103	63.2	

The very extensive amount of information provided by the questionnaire has, of necessity, been condensed and simplified for the purpose of this report.

Several of the questions included in the geochemical exploration questionnaire, particularly those relating to output, are similar to those included in the questionnaire designed for the earlier CGC report "An Examination of the Output of the Geological Survey of Canada" published as GSC Paper 82-6 Part 1. (Coope et al., 1983). Although cross references to this Paper are made in this section, GSC management is urged to make its own comparison of the results from the two surveys and the conclusions and recommendations of the two advisory committees.

Table 3. Geographic area of interest of respondents

	Industry n=60 %	University n=10 %	Government n=18 %	Laboratory n=15 %
Western Cordillera	67	50	39	80
W. Sediment Basin	10	0	50	60
Arctic Islands	5	20	33	47
Precambrian Shield	77	60	78	80
Eastern Lowlands	11	0	28	47
Appalachians	31	30	61	53
Canadian Offshore	0	0	5	40
Outside Canada	42	60	0	67

Table 4. Purpose of geochemical activity

	Industry n=60 %	University n=10 %	Government n=18 %	Laboratory n=15 %
Mineral Discovery	100	70	67	60
Method Development	18	70	50	47
Environmental Studies	11	20	38	37
Terrain Science Studies	5	0	34	14
Mineral Deposits Research	38	80	72	37
Geol. Mapping/Research	28	20	55	37

In the following commentary, an individual's lack of response to part of the questionnaire has been interpreted as an expression of no opinion.

It is believed that all significant features of the relationship between GSC geochemical activities and the industry, government and academic people who use the output from those activities have been captured by the questionnaire, and the high level of response to the questionnaire survey reflects the concern and interest of the client communities in the geochemical activities of the GSC.

Profile of the GSC's Geochemical Clientele
(Questions B-3, B-7)

Replies to this part of the questionnaire were received from clients in all four main constituencies spread across the country. The concentration of respondents' activities mainly in the Shield, Cordilleran and Appalachian areas is a reflection of demography, responsibility and mineral exploration activity (Table 3).

The principal purpose of the geochemical activities of all the groups polled was stated to be the discovery of new mineral deposits (Table 4). This is followed by mineral deposits research, weighted heavily by respondents from universities and governments. In addition, government agencies directed a significant amount of their geochemical effort to geological mapping and the development of new geochemical methods. Method development also accounted for a large part of the geochemical activities of universities and, not surprisingly, laboratories. Among the respondents, only government groups are actively using geochemical techniques in Terrain Science studies to any degree.

Only moderate effort is being devoted to the application of geochemistry to environmental studies and acid rain was mentioned specifically by only one government respondent.

Table 5. Interest and use of geochemistry by GSC clientele

	Industry n=60 %		University n=10 %		Government n=18 %		Laboratory n=15 %	
	Interest	Use	Interest	Use	Interest	Use	Interest	Use
Regional Stream Sampling	11	67	60	10	38	38	7	60
Regional Lake Sampling	23	48	50	20	22	38	13	53
Soil Sampling	8	89	30	50	11	50	7	66
Whole Rock Sampling	13	75	20	70	0	67	0	80
Trace Elements in Rocks	7	89	20	80	0	50	0	75
Hydrogeochemistry	13	11	20	30	0	38	20	46
Gas Geochemistry	13	5	30	0	22	11	0	7
Biogeochemistry	28	18	50	20	34	28	13	53
Heavy Mineral Surveys	13	67	40	30	11	38	0	53
Drift (including Till) Samples	20	55	50	20	5	55	0	66
Stable Isotopes	20	7	10	20	5	22	0	7
Fluid Inclusions	25	15	30	10	5	11	0	7
Organic Geochemistry	8	5	10	10	28	0	0	13
Envirogeochemistry	11	8	0	30	34	5	7	40

This is understandable because the GSC's principal client groups at the present time do not include a significant group whose interest is environmental studies. The environment constituency is currently largely unaware of the GSC's geochemical activities and data banks. This can be expected to change as communication between groups such as Health and Welfare, Department of Environment, etc., and the GSC increases.

It can be concluded that an appropriate client group was targeted and responded to the questionnaire.

Spectrum of Interest and Use of Geochemical Information (Questions B-4, B-5, B-6)

In the following tabulation, (Table 5), interest and use of various applications of geochemistry by the respondents are reported as a percentage of replies received. Lithogeochemistry is characterized by strong interest and high utilization for both major and trace elements, for all four client groups. It is an observation of the Committee that the GSC lacks any substantial effort in this domain except as it relates to ore deposit modelling.

Similar high levels of activity were reported by industry and laboratory clientele for regional sampling using both stream and lake samples, soil sampling, glacial drift sampling and heavy mineral sampling. This reflects the close symbiosis of the exploration community and the commercial laboratories.

Biogeochemistry and hydrogeochemistry form a modest area of activity for most of the client groups and constitutes an important source of samples for the laboratories. Except for the laboratory group, more respondents expressed a greater level of interest in biogeochemistry than actually use the technique.

Other geochemical applications have significantly lower levels of interest and use amongst the client community including gas and organic geochemistry, stable isotopes and fluid inclusion studies. Interest in stable isotopes and fluid inclusion studies well exceeds current usage among industry users

This distribution of activities by industry respondents was paralleled by responses to a later question (**D-2**) regarding the relevance of these various categories of work. This supports the credibility of the response. Most industry respondents use between 3 and 7 different techniques in the course of their exploration work. Few use less than three or more than eight techniques. This indicates a widespread and selective usage of what might be called standard media such as soil, stream sediments, rocks and heavy minerals but an ignorance of or a reluctance to use other sample media requiring more sophisticated collection, analysis or interpretation.

All the universities and seven out of ten government agencies operate geochemical laboratories compared to only one out of five of the companies represented by the industry respondents. Professional geochemists are employed by just about half the government agencies compared to only 20% for industry and university groups and only 10% for laboratories (Table 6). In all cases these professionals actually collect only a minor number of samples themselves but are responsible for the work of the geologists and trained temporary employees who collect the majority of geochemical samples. Contractors gather over half the samples collected by government groups, a reflection of the current high level of Federal-Provincial regional geochemical work (MDA programs).

Communication and Utilization of GSC Geochemical Output

The geochemical activities of the diverse group of GSC staff are communicated to the user public principally through the medium of papers and maps in both GSC publications and outside journals. Informal and verbal communication is also important in making the client communities aware of the wide scope of geochemical investigations carried out by the GSC. The principal sources of geochemical information were listed in the questionnaire and respondents were asked if they were aware of this variety of sources of GSC geochemical information.

There is a significant lack of awareness of the GSC's geochemical activities within the client community (Table 7).

Whilst only 9% of industry respondents were unaware of the extent of geochemical activities at the GSC a significantly larger proportion of the other clients lacked this knowledge, reaching 80% for laboratories. Ignorance of the type of work carried out by the geochemically active sub-divisions was much higher for all respondent groups reaching 80% and 93% for universities and laboratories.

The organic geochemistry work being done at the Institute of Sedimentary and Petroleum Geology in Calgary is virtually unknown to the respondents to the committee's questionnaire. This laboratory serves GSC petroleum geology activity and representatives of the oil industry were not polled.

One respondent acknowledged that filling in the questionnaire had made him "considerably more aware of the things the GSC is doing". Another lamented that he was

Table 6. Sample collection personnel

	Industry n=60 %	University n=10 %	Government n=18 %	Laboratory n=15 %
Geochemists	23	20	44	10
Geologists	92	30	37	20
Full-Time Trainees	46	20	68	25
Part-Time Trainees	73	20	62	25
Contractors	40	10	52	20

Table 7. Awareness of GSC geochemical activity

	Industry n=60 %	University n=10 %	Government n=18 %	Laboratory n=15 %
Unaware of extent	9	30	16	80
Unaware of type of work	30	80	28	93
Non-receipt of circular	30	70	44	66

Table 8. Medium of geochemical output most commonly used

	Industry n=60 %	University n=10 %	Government n=18 %	Laboratory n=15 %
Print	64	70	61	33
Fiche	6	0	0	0
Tape	2	0	11	0
Disc	7	0	16	0

Table 9. Most often used sources of GSC geochemical data

	Industry n=60 %	University n=10 %	Government n=18 %	Laboratory n=15* %
Library				
Company Library	58	...	5	13
University Library	10	90	11	6
Government Library	27	10	72	27
Public Library	2	0	0	0
Personal Library	17	60	22	6

* high percentage of non-response

Table 10. Personal communication within GSC geochemical staff

	Industry n=60		University n=10		Government n=18		Laboratory n=15	
	Infreq.	Often	Infreq.	Often	Infreq.	Often	Infreq.	Often
Field	46	7	40	20	44	5	13	0
GSC Office	56	7	50	0	55	6	6	27
Workshops, etc.	54	25	30	50	40	19	34	34
Telephone	56	10	60	20	72	23	40	27
Mail	34	3	50	10	55	22	40	0

"unfamiliar with the GSC staff who conduct geochemical studies, their specific function or the investigations they are responsible for."

Surprisingly, the GSC's Monthly Information circular is received by very few of the responding groups; even in the industry group this information is not received by one in five respondents whether from large or small producers, exploration companies or consultants (Table 7). This is a significant group of people in the exploration industry who are not reminded by this means of the ongoing reporting by the GSC staff. A number of respondents commented on a perceived lack of awareness of GSC geochemical activities and urged a better public relations effort. This may represent a large number of individuals since the circulars which go to companies are seen by many people.

To this general lack of awareness of the GSC's geochemical activities can be attributed the rather high percentage of respondents who declined to answer some of the committee's questions, further evidence of the credibility of the positive responses.

It is clear that the medium by which geochemical output is distributed to the public has an influence on the intensity of its utilization. Printed output is far and away the most often used medium, reflecting tradition and convenience (Table 8). Information on microfiche or computer tapes is hardly used at all. In the case of tapes this is probably related to the unavailability of tape-reading hardware to the average client or a general unawareness of the availability of geochemical

Table 11. Frequency of use of geochemical output

Group/Output	At Least Monthly %	At Least Yearly %	Less than Yearly %	Never %	No Opinion %
Industry n=60					
Formal publications	26	59	11	2	2
Open Files	21	63	8	5	3
Outside journals	13	34	36	13	3
Unpublished Output	2	43	31	21	3
University n=10					
Formal publications	10	60	30	0	0
Open Files	0	40	60	0	0
Outside journals	30	60	10	0	0
Unpublished Output	0	20	40	0	10
Government n=18					
Formal publications	28	50	22	0	0
Open Files	11	50	33	6	0
Outside journals	11	50	28	11	0
Unpublished Output	6	38	34	22	0
Laboratory n=15*					
Formal publications	20	40	13	7	20
Open Files	13	20	27	13	27
Outside journals	13	53	7	0	26
Unpublished Output	7	20	20	20	33

* High level of non-response

data in this format. Fiches have been distributed with publications, particularly open files, for some years. The low utilization of fiches may reflect a general lack of use of this technology in the user community, although it has the significant advantage of being able to deliver graphic representation of data and is conveniently portable. There is an increasing utilization of computer discs following the introduction of this type of data transfer by the GSC in 1987.

As Coope found in his survey of GSC output in 1982, the principal source of GSC information used by the groups polled was the library maintained by their employer or their personal library (Table 9). Another source used by a significant minority of exploration people was the library usually found in the GSC's regional offices. This source is of particular value to small companies and individuals who cannot afford to buy all the GSC publications they need.

"The best access to GSC data and more importantly non-published data, opinions, ideas, etc., is to go to Ottawa and chat to the relevant guy(s), ladies, in the divided maze," was the advice of one respondent.

Personal communication between the client community and the GSC's geochemical staff through the various contact opportunities is infrequent (Table 10). It is only at workshops and conferences that a notable proportion of the GSC's customers make contact with the GSC geochemical staff. It may be argued that the current level of personal contact is adequate and realistic but at least one industry respondent felt that contact in the field could be improved with mutual benefit.

The lack of a GSC office in Quebec was said to be one reason for lack of communication in that province. This particular point is currently being addressed by the

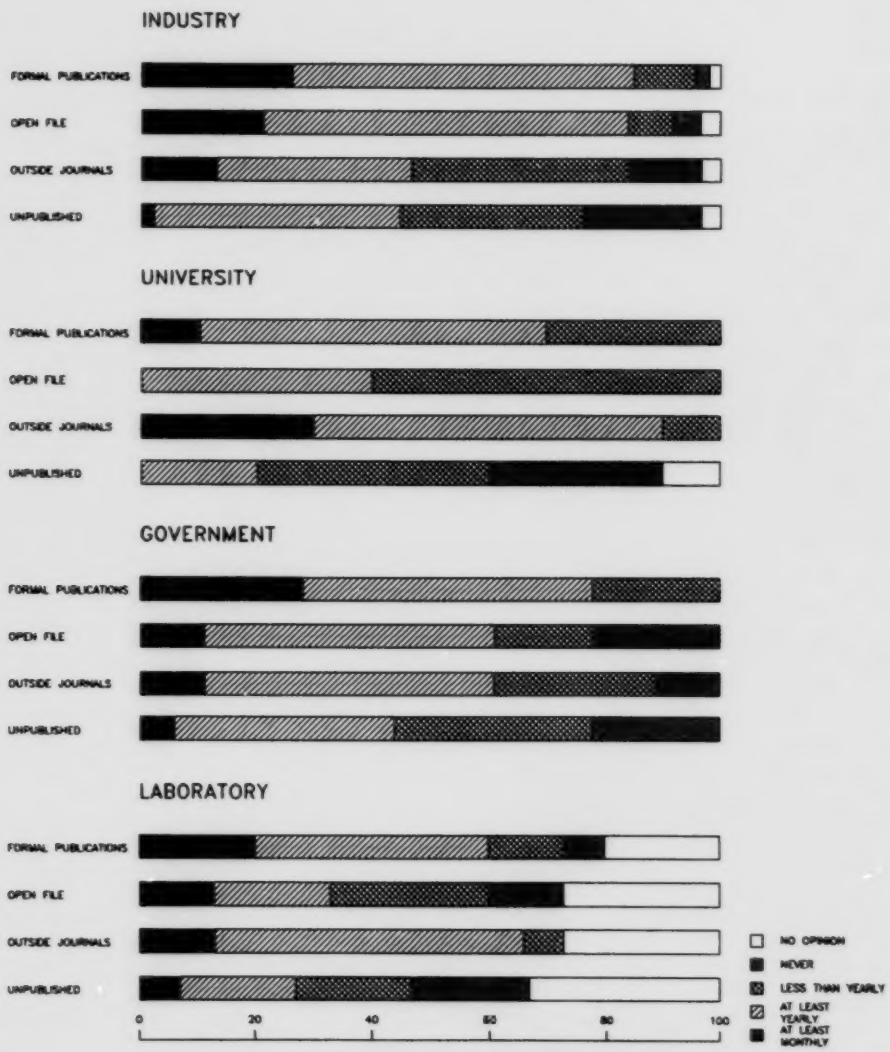

Figure 2. Frequency of use of geochemical output.

establishment of an office in that Province. Another respondent asked why there is no GSC geochemist in Vancouver. This suggests that users of geochemical techniques would appreciate the closer liaison with their colleagues in the GSC which would be achieved by staffing regional offices with a geochemist. "The GSC should publicize more that they are open and hospitable and look forward to people asking questions and looking for expertise."

The published geochemical output of the various sub-divisions of the GSC takes many forms ranging from formal Memoirs, Papers and Bulletins and through Open File Reports which are designed to bring new and current information quickly to the user community. GSC staff members also contribute papers on their geochemical work to international journals of high standing. In addition to these more formal channels of communication a considerable amount of information is disseminated through participation in symposia and workshops and other meetings both in Canada and overseas. The committee sought to assess the frequency with which the various types of geochemical information is used by their clients, its timeliness, usefulness, relevance and quality. The four categories of information referred to above were used: formal publications, open files, outside journals and unpublished output.

Frequency of Use (Question C-3)

GSC geochemical data in the form of Open Files, outside journals or Formal Publications are used by a high proportion of respondents at least once a year (Table 11, Fig. 2). Formal publications and open files are used at least monthly by 10-30% of the industry, government and laboratory sectors whilst universities make at least monthly use of information appearing in outside journals. Unpublished information is less frequently used than the other sources of information.

Timeliness and Reliability/Scientific Quality
(Question C-3)

A substantial proportion of respondents from all the groups polled declined to express an opinion on the timeliness and reliability/scientific quality of GSC geochemical output (Tables 12 and 13; Figs. 3 and 4). Of those who did express an opinion, it is clear that the geochemical work of the GSC is extremely highly regarded by all the client groups, and the majority in most cases, the timeliness of geochemical output was rated satisfactory or very satisfactory.

Significant comments include: "The quality of GSC geochemical data is beyond reproach, as always. The turnaround time could be better" and "The quality of GSC publications is uniformly high but the quantity of formal publications (where we learn of research advances) is unacceptably low" and "With the exception of some prolific individuals the majority of geochemists conduct interesting and relevant studies which, if published, are produced at least several years after the study was performed."

Satisfaction of Client Needs (Question C-4)

When asked how well GSC geochemical data meets their needs all four groups responded favourably with fewer than 20% finding the output in all formats less than acceptable (Table 14; Fig. 5) . It should be noted that one third of laboratory respondents declined to comment on this question. Industry and government groups were particularly satisfied with the GSC's Open File output which reflects support for

Table 12. Timeliness of GSC geochemical output

Group/Output	Very Satisfied %	Satisfied %	Unsatisfied %	Very Unsatisfied %	No Opinion/ No Response %
Industry n=60					
Formal Publications	5	50	20	7	18
Open Files	15	62	8	0	15
Outside Journals	5	44	5	0	46
Unpublished	10	43	3	0	44
University n=10					
Formal Publications	20	70	10	0	10
Open Files	30	50	10	0	10
Outside Journals	10	50	0	10	30
Unpublished	10	20	0	0	70
Government n=18					
Formal Publications	11	56	11	0	22
Open Files	28	50	5	0	17
Outside Journals	17	50	5	0	28
Unpublished	11	39	5	0	45
Laboratory n=15					
Formal Publications	7	27	13	0	53
Open Files	0	33	7	0	60
Outside Journals	7	20	13	7	53
Unpublished	7	27	0	0	66

the regional geochemical reconnaissance surveys. The GSC work published in outside journals was, by comparison, less satisfactory in filling the needs of the client groups. This echoes concerns expressed in answers to previous questions. Overall, the responses indicate that the client groups feel their needs are well served by the GSC's geochemical output.

Productivity Based on GSC Geochemical Output (Question C-5)

With the exception of the university group, this question on geochemical productivity resulted in a relatively high level of no opinion responses even from the important industry constituency (Table 15, Fig. 6). This probably reflects the honest difficulty the members of the user public have in making a judgement on this attribute of GSC geochemistry. Of those who did express an opinion, the universities proportionally had the most positive view of GSC productivity. A significant proportion of the industry group, indicated that they were only partially satisfied with the GSC's productivity.

Use and Application (Question C-3)

The questionnaire reveals that the principal use of all forms of GSC geochemical output is as a source of data (Table 16, Fig. 7). The exploration companies and universities also use the output in formal publications, and open files to generate exploration ideas. Laboratories find the most useful information on analytical techniques mainly in outside journals and formal publications and unpublished sources. GSC geochemical data is used to a lesser extent to develop

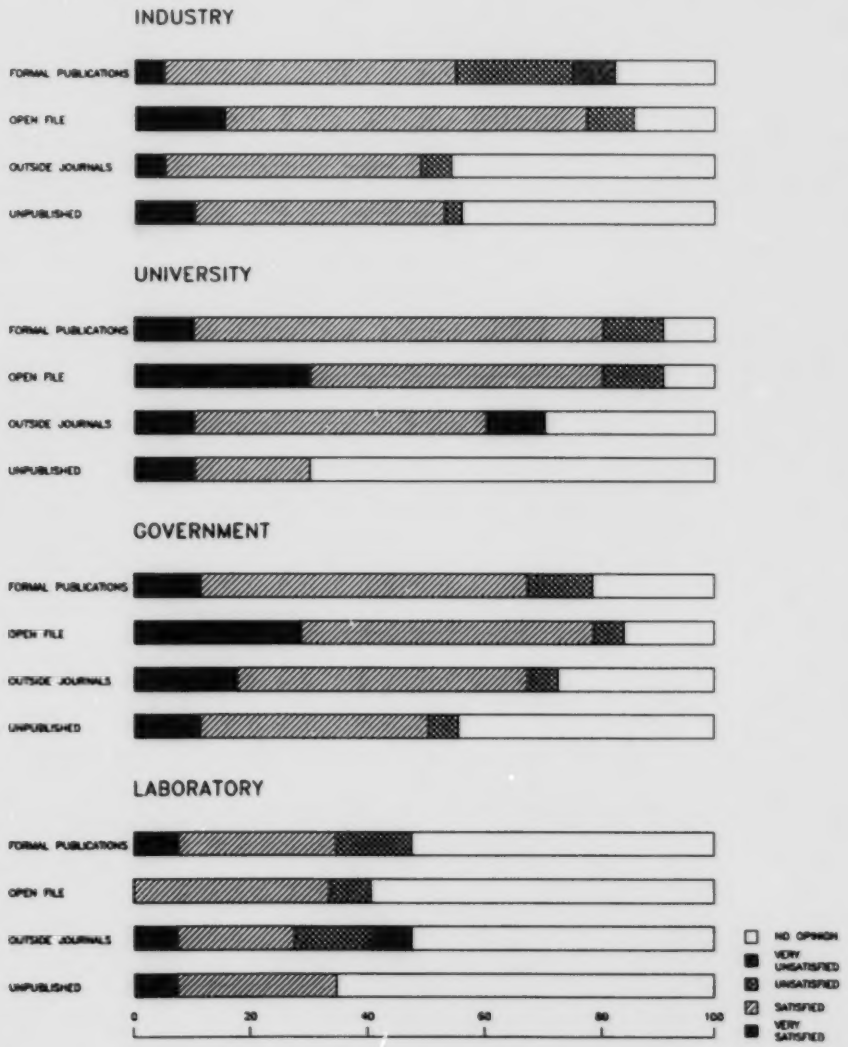

Figure 3. Timeliness of GSC geochemical output.

field methodology and interpretation techniques. The following comment on the difficulty of some respondents in assimilating numerical data sets and developing their field methods and interpretations. "The usefulness of an open file would be considerably enhanced if the geochemist responsible for its publication could devote some time to evaluating and commenting on the data rather than merely presenting it in tabular form."

The final section of the general part of the questionnaire (Section D) solicited opinions from the user public on the appropriateness, relevance to their needs and performance of the GSC's geochemical activities. A listing of activities in two broad categories, regional surveys and applied geochemical research was given for respondent's comments.

Geochemical Activities Appropriate to the GSC
(Question D-1)

The Canadian university community believes that the GSC should be active in all geochemical regional survey and research fields identified in the questionnaire (Table 17; Fig. 8). Industry and government groups are equally supportive of a high level of activity but are more discriminating in their emphasis. The current high profile GSC activities are most strongly supported, i.e. regional surveys using stream and lake sediments, and drift sampling. Regional surveys utilizing heavy mineral sampling and water sampling are less well supported.

In the realm of applied research, the GSC's efforts in mineral deposits geochemistry is strongly endorsed together with strong support for applied lithogeochemical research. Within the industry and government groups it is considered highly appropriate that the GSC carryout applied research into the geochemistry of the sample media most commonly used in regional surveys with the intent of improving methodology and interpretation procedures. This is in sharp contrast with questionnaire responses a decade ago when the user public was surveyed on the Uranium Reconnaissance program (Weir et al., 1979).

Biogeochemistry is also considered an appropriate topic for research and, indeed, the GSC is currently one of the leaders in this field. There is a high level of support for analytical method development activities and a very strong endorsement of work on data management and interpretation techniques. A lower but still significant level of activity is considered necessary by all groups in gas and hydrogeochemistry as well as the other research activities of organic geochemistry, fluid inclusion and isotope studies and environmental geochemistry. The least favored activities relate to non-exploration aspects of geochemistry as exemplified by the following comment. "All areas of geochemistry listed are generally important and well done by the GSC but are not of equal relevance. The focus should be on exploration geochemistry, especially those aspects which assist industry in exploring more effectively and efficiently." All the responding groups expressed support for the GSC's involvement in environmental studies, but not as a priority.

Responses from the laboratory community were unfortunately marred by a high level of no comment. Those responding supported, in large measure, the position of the industry and government groups.

The strong endorsement of regional survey related activities at the GSC indicates broad support for the National Geochemical Reconnaissance projects being carried out as a joint venture between the Provincial and Federal

Table 13. Reliability/scientific quality of geochemical output

Group/Output	Very satisfied %	Satisfied %	Unsatisfied %	Very Unsatisfied %	No Opinion/ No Response %
Industry n=60					
Formal Publications	31	56	2	0	11
Open Files	8	74	3	2	13
Outside Journals	11	57	2	0	30
Unpublished	5	59	0	0	36
University n=10					
Formal Publications	30	70	0	0	0
Open Files	30	70	0	0	0
Outside Journals	30	70	0	0	0
Unpublished	20	30	0	0	50
Government n=18					
Formal Publications	33	50	0	0	17
Open Files	28	61	0	0	11
Outside Journals	28	44	0	0	28
Unpublished	12	44	0	0	44
Laboratory n=15					
Formal Publications	13	47	0	0	40
Open Files	6	47	0	0	47
Outside Journals	20	33	0	0	47
Unpublished	7	27	0	0	66

governments. The Provincial Surveys and Departments of Mines are seen as the logical and most likely alternative sources for geochemical survey data whilst research into geochemical exploration techniques should be supplemented by work in universities. Opinions vary, however, -- "Where possible, the GSC should leave routine surveys to be done by Provincial agencies. I see the GSC role as providing national leadership in research derived at discovering and refining geochemical exploration methods." Others consider that more development, methodology, and analytical techniques as well as research into exploration geochemistry/mineral deposits in universities would ensure an ongoing supply of highly trained professionals capable of assuming exploration related activities and at the same time redirect funding from the GSC to universities."

Other comments, in response to the topics raised by the section of the questionnaire, relate to the overall scope of GSC geochemical activity and its relationship with other estates.

"... (the GSC) can't do everything for everybody - so what niche have they carved out of the Canadian experience and become world leaders?"

" ... the GSC geochemical unit should be devoting the vast majority of its time to providing a fundamental understanding of the process(es) affecting the ultimate interpretation of geochemical data."

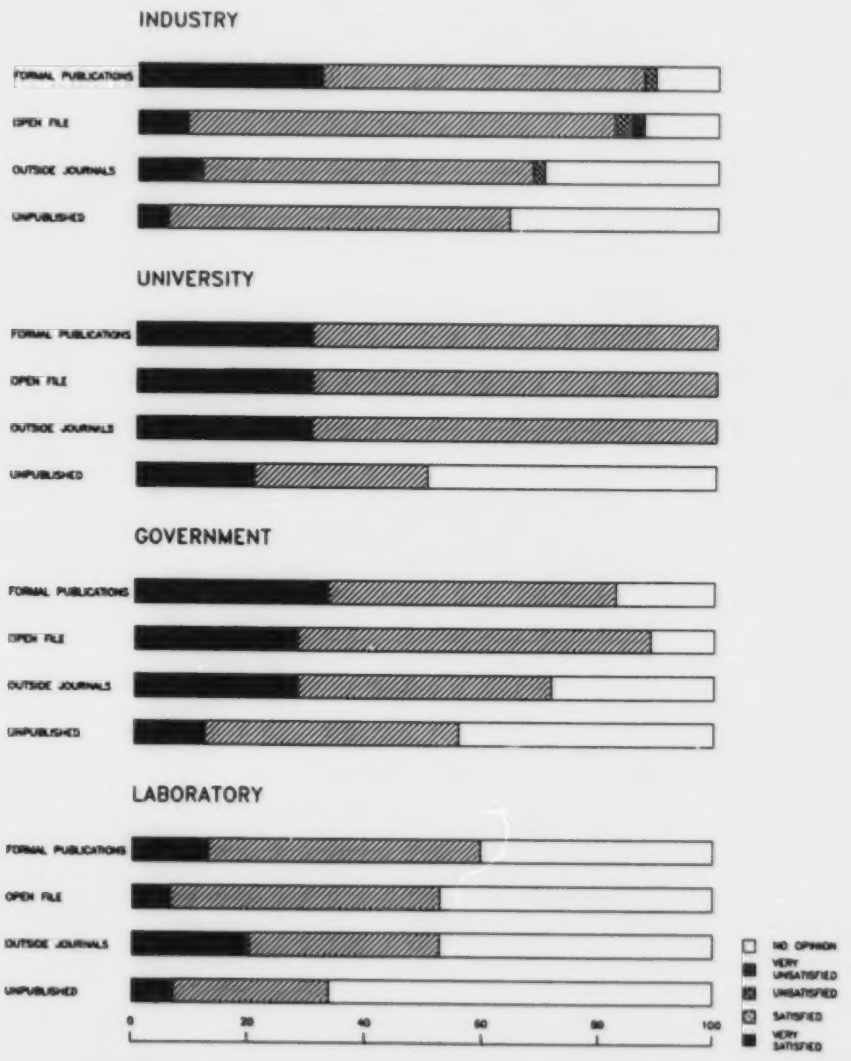

Figure 4. Reliability/scientific quality of geochemical output.

The involvement of the GSC in the production of regional geochemical data is strongly endorsed but Provincial governments are seen as alternative agencies for this activity. A change in the relative involvement of Federal and Provincial agencies in regional geochemical mapping may make more resources available for much needed research into the interpretation and evaluation of these data.

Relevance and Importance of GSC Geochemical Activity (Question D-2)

The university group considered all identified activities relevant and important to their own work (Table 17; Fig 9). Regional surveys carried out by the GSC and research on the geochemical behaviour of most common sample media including biogeochemical media are seen to be highly relevant by industry and government groups. Industry, as would be expected, finds analytical methodology of only moderate relevance to its own activities in contrast to the laboratories group for whom it is the most important GSC geochemical activity. The lesser developed and utilized geochemical research fields such as gas and organic geochemistry, fluid inclusion and stable isotope work and environment related studies are ranked important mainly by university and government constituencies.

In general terms the geochemical work of the GSC closely matches the activities of the client community. There is no strongly indicated area of deficient or inappropriate activity identified in the questionnaire response relative to the current geochemical exploration practices of the groups polled.

Assessment of GSC Geochemical Performance (Question D-3)

Most of the respondent groups and especially the laboratories had considerable difficulty in assessing the performance of the GSC in the various activities listed. This is in part because the GSC is not very active in the less common areas of exploration geochemistry.

The regional drainage survey work being carried out by the GSC is relatively well known and the results are widely disseminated. The GSC's performance in this area is widely regarded with satisfaction (Table 17; Fig 10). Whereas the university and government groups expressed a high level of satisfaction with the GSC's work in geochemistry related to mineral deposits, the industry community are considerably less well satisfied. Although fluid inclusion, isotope and other fields of research provide useful information on the genesis of several mineral deposit types, the present methods of investigation and interpretation are not readily applicable in exploration where observations are made and samples taken at remote locations from (undiscovered) orebodies. This may reflect some doubt in industry concerning the actual value of such research in regional exploration decision making. Data interpretation and analytical method research are other areas where the responding group's satisfaction was tempered.

GSC's Contribution to New Geochemical Developments (Question D-4)

The contribution of the GSC's work to new developments in exploration geochemistry is well regarded by its clients with ratings of "significant" exceeding "not significant" by a factor of almost 3 to 1 (Table 18; Fig. 11).

Table 14. Satisfaction of client needs

Group/Output	Excellent %	Well %	Acceptable %	Marginal %	Poorly %	No Opinion %
Industry n=60						
Formal Publications	8	39	43	5	3	2
Open Files	15	34	36	5	3	7
Outside Journals	0	21	44	10	11	14
Unpublished	2	28	25	11	11	23
University n=10						
Formal Publications	20	50	20	10	0	0
Open Files	0	40	40	20	0	0
Outside Journals	20	40	30	10	0	0
Unpublished	20	20	0	10	30	20
Government n=18						
Formal Publications	12	44	44	0	0	
Open Files	28	38	16	12	6	0
Outside Journals	6	44	38	0	0	12
Unpublished	0	32	24	11	11	22
Laboratory n=15						
Formal Publications	0	13	40	7	7	33
Open Files	0	20	27	13	7	33
Outside Journals	7	13	40	7	0	33
Unpublished	7	27	27	6	7	46

Perception of the GSC's Exploration Geochemical Research (Question D-5)

The GSC's clients perceive its geochemical research activities as "largely" to "somewhat applied" and driven, in part, by practical exploration needs and, in part, by scientific curiosity. Some weakness in fundamentals is identified but the universities group has identified a good balance between fundamental and applied studies.

The university, government and laboratory communities were asked for additional information relevant to their dealings with the geochemically active groups at the GSC. (Parts E, F and G of Appendix C)

Nine out of ten universities responding conduct undergraduate geochemistry courses and seven out of ten have graduate courses. This is not reflected in the availability of trained exploration geochemists and may illustrate confusion in the respondent's minds as to the nature of the exploration geochemical field compared to the more classical geochemical study of rocks and mineral deposits.

EMR research agreements and DSS contracts supports a low level of geochemical research at the universities. None of the universities consider this support essential to their programs although three out of the ten respondents rated it as an important component. The greatest perceived benefits extended to universities and university students by the GSC are help with literature search, job opportunities, field logistics and as co-supervisors of research projects. The level of GSC support for exploration geochemistry research is considered satisfactory by the majority of universities.

The most significant relationship between the commercial laboratory community and the GSC centres on the extensive contracting out of analytical services and provision for the

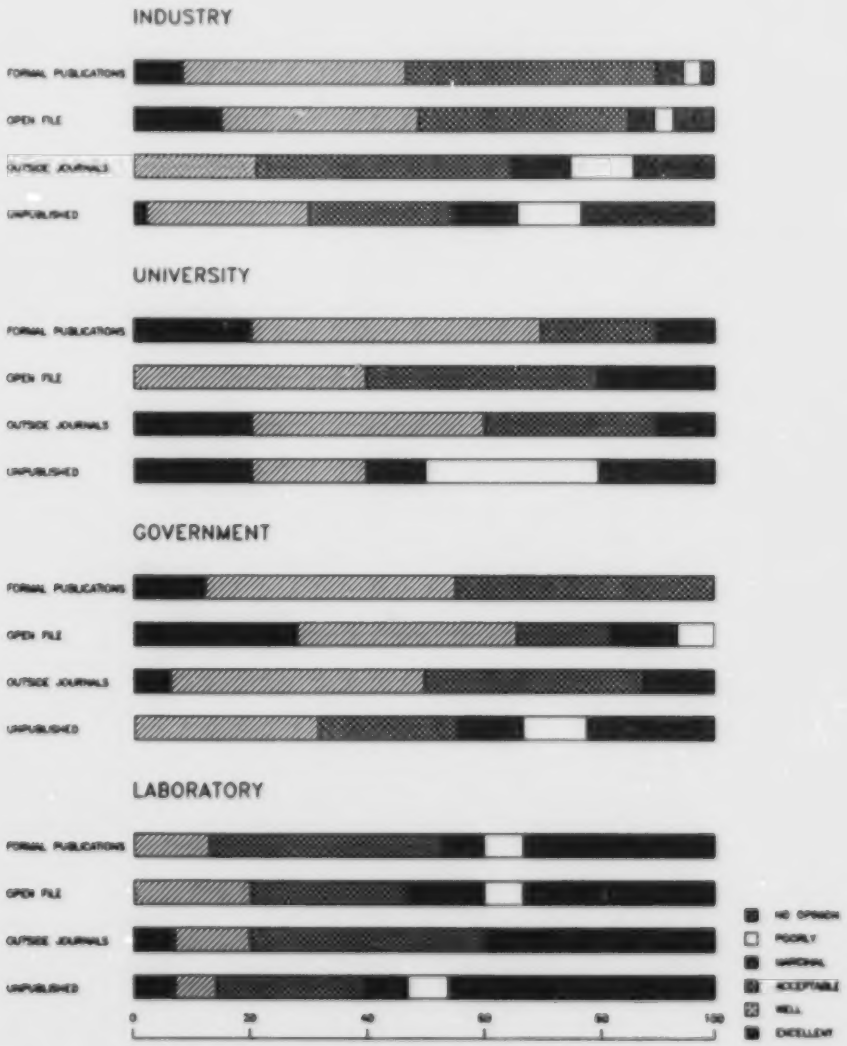

Figure 5. Satisfaction of client needs.

development of analytical techniques. This matter, which is discussed elsewhere in this report is an area of dissension which requires investigation and action.

The laboratory group do not believe that analytical method development activity by the GSC's scientists has contributed to raising the general standard of geochemical analysis in Canada. Although one third of the respondents felt they had benefitted significantly from the GSC's method development, the respondents indicate the GSC is not the source to which laboratories turn in seeking help with analytical problems. Such developments are achieved either in house (67%) or adapted from methods used in other disciplines (53%). This response from the commercial laboratories came as a surprise to the Committee. A review of the literature indicates that GSC scientists have made several significant contributions to both the development of new analytical methods and also the better understanding of established analytical procedures. The lack of impact possibly reflects uneven diffusion of information. Laboratories can normally acquire such technological information through sample enquiry and request and a basic problem may be knowledge of availability.

Part F of the questionnaire was sent to provincial and territorial government earth science agencies. Only one province (P.E.I.) did not respond.

All except one provincial survey indicated that at least one geochemist was employed, with three provinces employing three (Question F.1). Neither territorial agency has a staff geochemist. Geochemists in provincial agencies are more abundant than geophysicists (19 to 11) although both are far outnumbered by geologists (233). These relative proportions cannot be interpreted too rigorously, as the replies from some agencies represented only a part of their total geoscience complement.

It can be concluded that the provinces, collectively, have a considerable geochemical capability, but individually none comes close to matching the resources of the GSC in number and diversity of geochemists.

Based on data provided by the provincial and territorial surveys (Question F2) The types and estimated costs of regional geochemical surveys conducted during the 1983-1988 period by government agencies is summarized in Table 20. Not all provinces provided complete information but the figures are considered to indicate the level and effort by agency and survey type and complement the government responses to questions B-4, D-1, D-2 and D-3.

In the five-year period 1983-1988, at least $21 million was reportedly spent by the federal government and the provinces on regional geochemical surveys in Canada. Some GSC costs expenditures including some A-base and other costs, are not included in this total because detailed data was not available to the provincial agencies and so the data in Table 20 are not totally complete. The questionnaire replies show that almost half (48%) was spent by the GSC directly, 39% by the provinces directly and 14% in jointly funded programs. Much of this work was carried out through Mineral Development Agreements (MDAs). The most widely used sample media employed in government surveys are glacial till, stream sediment and lake sediment, each accounting for more than 20% of the total expenditure on regional surveys. Lithogeochemistry and radiometric surveys each account for about 10% of the total expenditures, whereas other survey media (ground water, vegetation, gas) are rarely used.

Table 15. Perceived productivity based on geochemical output

Group/Output	Very satisfactory %	Satisfactory %	Less than Satisfactory %	Unsatisfactory %	No Opinion %
Industry n=60					
Formal Publications	5	41	16	7	31
Open Files	7	48	7	5	33
Outside Journals	0	39	13	2	44
Unpublished	0	34	8	3	54
University n=10					
Formal Publications	20	40	20	10	10
Open Files	40	20	20	0	20
Outside Journals	20	60	20	0	0
Unpublished	20	10	10	0	60
Government n=18					
Formal Publications	5	55	17	0	23
Open Files	11	39	17	5	28
Outside Journals	17	55	5	0	23
Unpublished	11	23	5	0	61
Laboratory n=15					
Formal Publications	0	27	13	0	60
Open Files	7	33	7	0	53
Outside Journals	0	40	0	7	53
Unpublished	7	20	7	0	66

Lake sediment, till and radiometric surveys were dominated by GSC expenditures. Provincial and territorial expenditures predominated for stream sediment surveys, and the investment in lithogeochemical surveys were evenly divided.

Most provinces and territories (6 of 11) favour jointly executed regional geochemical surveys, (Question F.3) although a significant minority (4) favour provincial delivery. Only one province considered that the GSC should have the primary responsibility for conducting regional geochemical surveys.

Two-thirds of the provinces and territories indicated that there is a significant degree of cooperation with geochemists at the GSC in implementing regional geochemical surveys (Table 21). There is much less collaboration in other research oriented activities but a majority of provinces/territories are working with the GSC on data integration techniques, method development for regional surveys, analytical techniques and the application of statistical methods.

DISCUSSION OF GSC GEOCHEMICAL EXPLORATION ACTIVITIES

Research and Methodology

Questionnaire responses indicate that the users of geochemical exploration data are reasonably satisfied with the GSC output. It is apparent that the major geochemical exploration activities are relevant and appropriate, the product is well regarded and frequently meets users' needs. Some improvements can be made, however, especially with respect to public awareness, productivity and the use of computer technology in the marketing of the GSC product

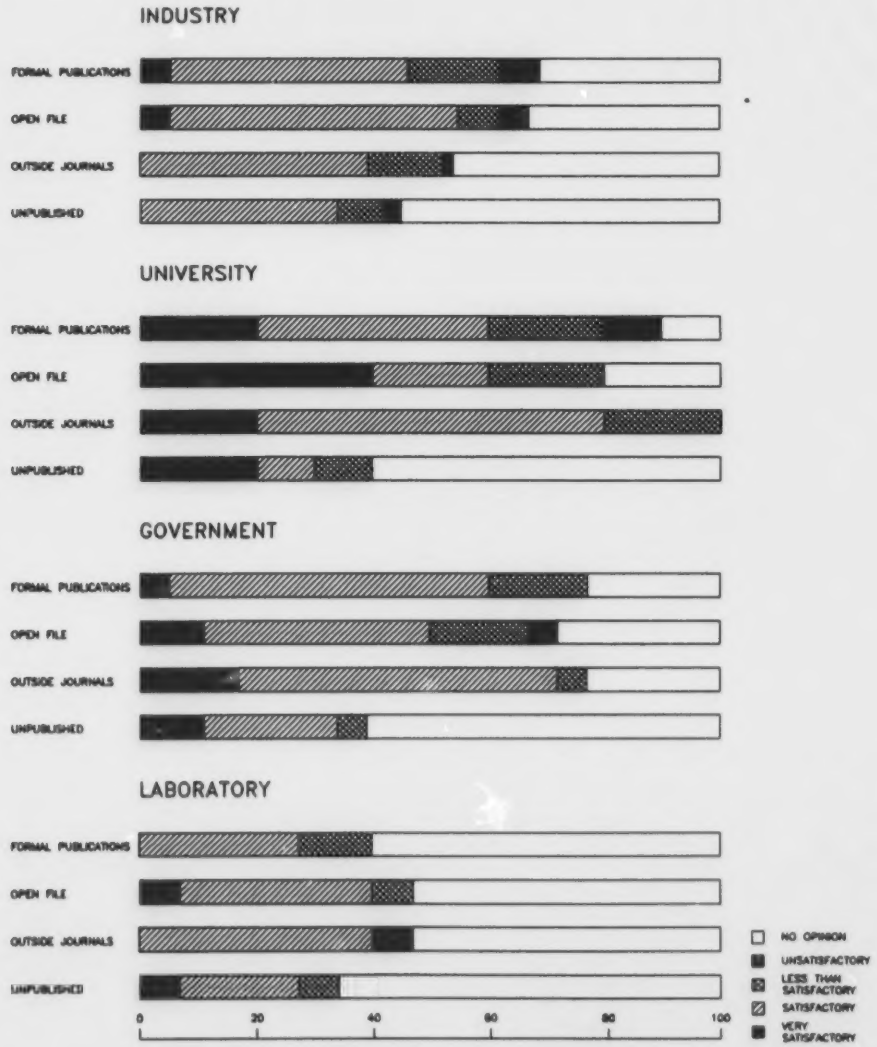

Figure 6. Productivity based on GSC geochemical output.

While acknowledging the response of the user community, the Committee believes that the overall geochemical exploration effort of the Geological Survey of Canada can be significantly increased by improved integration of personnel and resources through management, organizational and attitudinal changes within the relevant Divisions and Subdivisions of the Survey.

The nature and the diversity of the Canadian landscape requires that exploration geochemical research programs in biogeochemistry, hydrogeochemistry and the behaviour of elements in glacial sediments be prominent activities of the Geological Survey of Canada. Levels of activity in biogeochemistry and the surficial geochemistry in glaciated regions should be continued at present levels. Reporting of G.S.C. studies in hydrogeochemistry in recent years has been extremely meager and the Survey is urged to rectify this situation so allowing the user-public an opportunity to judge the nature, relevance and quality of this research.

There is a notable low-level of activity in lithogeochemistry. "Rock-chip" sampling is a currently favored technique in exploration for precious metal deposits but much of this work is carried out unsystematically. Detailed studies of the characteristics and distribution of metals in rocks based on well planned geochemical orientation surveys are needed to improve both the general understanding and the general quality of lithogeochemical exploration surveys in the private sector. The Geological Survey should be addressing this opportunity and this need more systematically through careful studies in mineral disticts where samples can be obtained from drill cores and underground workings in addition to outcrops. Private sector work indicates important potential for lithogeochemistry in volcanogenic and other mineral environments.

Gas geochemistry research, which used to be a field of expertise of the Survey as little as 10 years ago, is in abeyance. As illustrated by work in Scandinavia, the USA, Japan and elsewhere, gas geochemistry shows great promise for the subtle but distinctive detection of mineralization buried beneath barren and/or transported cover. Electrogeochemical method have been developed in the Soviet Union, China and elsewhere and tested in several areas of Europe, Asia and the USA. These techniques claim success in prospecting through thicknesses of hundreds of meters of transported cover but have not yet been evaluated by the Geological Survey in Canada. Bearing in mind the nature of the Canadian surficial environment, these omissions are clearly an area of Geological Survey neglect.

The present study, as well as previous advisory committee reports, clearly reveals that the GSC's user public looks to the Survey for practical and balanced evaluations of new or developing ideas and techniques whilst fulfilling its commitment to research and mapping the geological landscape. In view of the constrained resources available this is the most significant task of the GSC's management. It requires active and determined management of projects and resources rather than passive direction of studies initiated by scientists often for their own intellectual satisfaction. Furthermore, the GSC should beware of diverting an inappropriate amount of scarce resources into areas of fundamental research with only long term potential application to the timely development of Canada's mineral resources. Such research should be done in universities with GSC support and supervisory involvement. In this way the GSC can take immediate advantage of the research findings and apply them to their programs and at the same time convey and consult on new research approaches that can be pursued by the universities.

Table 16. Use and application of GSC geochemical data

Group/Output	Source of Data %	Field Methods %	Analytical Techniques %	Interpretation Techniques %	Ideas %	Exploration Training %
Industry n=60						
Formal Publications	83	24	5	59	64	11
Open Files	83	24	5	29	56	3
Outside Journals	55	17	11	37	55	4
Unpublished	65	25	13	31	54	13
University n=10						
Formal Publications	60	20	0	20	60	10
Open Files	60	10	10	0	20	0
Outside Journals	60	20	10	30	40	10
Unpublished	20	10	0	20	30	10
Government n=18						
Formal Publications	77	22	22	16	28	0
Open Files	94	16	16	0	6	0
Outside Journals	44	22	22	33	22	0
Unpublished	44	16	16	0	6	0
Laboratory n=15						
Formal Publications	40	6	46	13	26	6
Open Files	46	6	13	0	6	0
Outside Journals	13	20	53	20	33	6
Unpublished	6	26	46	20	13	0

PROJECT GENERATION

There is considerable variety in the way Geological Survey projects are defined and given priority. Geochemical prospecting activities are significantly influenced by the initiatives and the interest of individual geoscientists and the present Committee urges a management environment that still encourages initiatives from below but maintains a firm direction to the overall thrust of geochemical research.

In the same spirit as recommendations by previous advisory committees (Weir et al., 1979; Coope et al., 1983), it is emphasized that the integration of the various geoscientific disciplines within the Geological Survey often results in greater communication through interdisciplinary debate and discussion among participating scientists leading to greater professional stimulation and greater productivity. In order to encourage this kind of interaction and also exercise some overall direction, it is recommended that GSC management be prepared to fund carefully conceived interdisciplinary research programs and invite Survey geoscientists, including exploration geochemists, to participate in this research through joint-collaborative proposals that would compete for the funds allocated for the program. Scientists either authoring unsuccessful proposals or not disposed to interdisciplinary programs would have to share the remaining, maybe limited, funding within subdivisional budgets.

Without duplicating comment already set out in the discussion of responses to the questionnaire, the survey did identify significant observations on the part of some clients

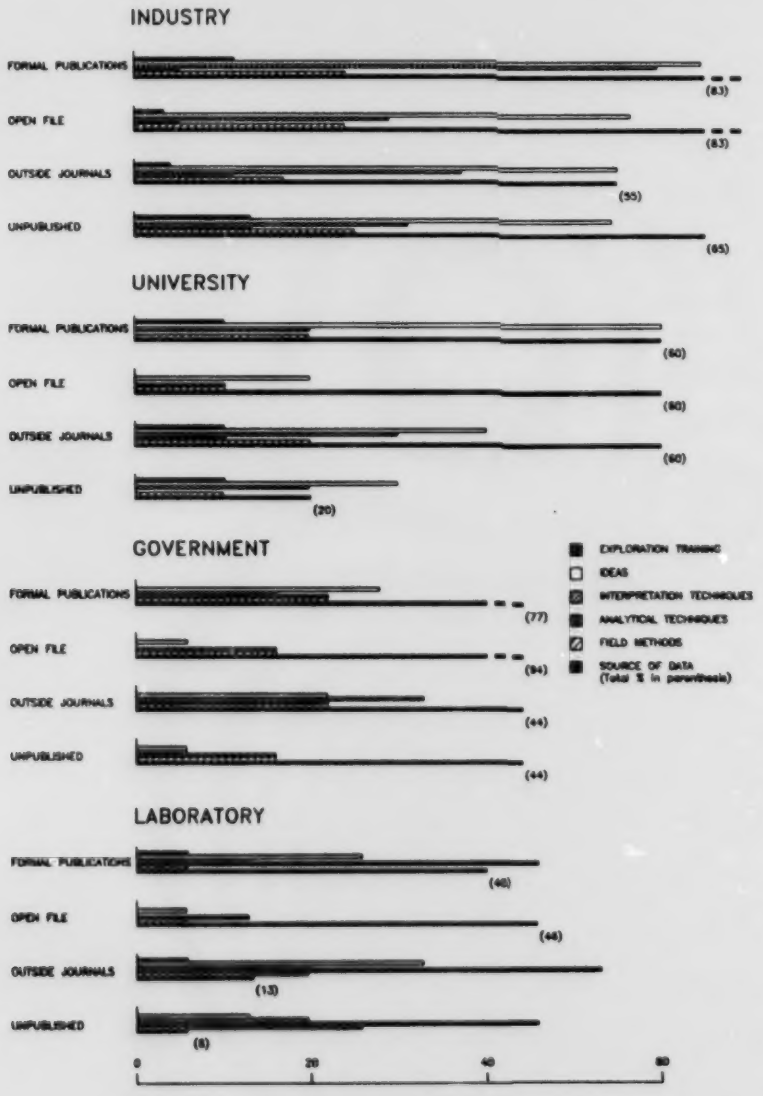

Figure 7. Use and application of GSC geochemical data.

with respect to public awareness, interaction with the public, attendance at meetings, certain types of publications and the distribution of data in digital form.

TRAINING IN EXPLORATION GEOCHEMISTRY

The comment, "the usefulness of an open file would be considerably enhanced if the geochemist responsible for its publication could devote some time to evaluating and commenting on the data rather than merely presenting it in a tabular form" probably is not entirely a reflection of irritation on being faced with an apparent inconvenience but a legitimate request for interpretational help.

Similar interest by geologists in the Survey's exploration data from lithogeochemical surveys in British Columbia has been noted and the Committee considers this to reflect the general lack of instruction in exploration geochemical methods contained in undergraduate economic geology courses taught in Canadian universities. Despite the urging of industry for universities to improve and broaden instruction in the application of geochemistry in mineral exploration, the majority of these institutes provide little or no opportunity to study this subject at either the undergraduate or graduate level. As a result there is a critical shortage of both professional exploration geochemistsandgeologistsknowledgeableaboutexploration geochemistry. The geochemists within the Geological Survey of Canada represent the major concentration of this expertise in Canada and could assist in filling this near vacuum by promoting university participation in its projects and significantly increasing the very limited support now given through the EMR Research Agreement Program. (In 1989-1990 less than 1.5% of the Research Agreement Program funding of $1.39 million was allocated to explorationgeochemicalprojects.)

In its own programs the GSC should place greater emphasis on its formal and informal output on the selection of the optimum methods of sampling and analysis based on orientation surveys and other pilot studies carried out in advance or as part of the GSC projects. In addition, the Exploration Geochemistry Subdivision should consider the preparation of a catalog of orientation case histories using different media which would be available to industry and the universities and be updated from time to time.

Questionnaire responses indicate that only minor use is made of GSC geochemical data for training in exploration techniques. The GSC should seize this opportunity to expand

Table 17. Appropriate geochemical activities for the GSC

	Industry			University			Government			Laboratory		
	A	R	P	A	R	P	A	R	P	A	R	P
Regional Sampling Survey												
Stream Sediments	84	77	65	80	80	80	84	82	61	59	66	**
Lake Sediments	80	78	69	90	80	80	84	88	56	66	66	**
Glacial Drift (including Till)	80	75	49	80	80	80	78	82	67	53	59	**
Heavy Minerals	74	69	38	80	70	50	61	53	38	59	58	**
Water	34	76	20*	100	80	50	61	59	44	59	52	**
Applied Research												
Mineral Deposits	94	86	47	100	80	70	78	69	61	60	52	**
Stream Sediment Sampling	85	79	52	80	70	60	83	76	61	60	59	**
Lake Sediment Sampling	79	82	49	90	70	70	83	83	56	66	46	**
Soil Sampling	87	85	41	90	70	60	83	76	55	59	59	**
Drift (including Till)	80	78	49	70	70	60	83	76	67	52	52	**
Hydrogeochemistry	58	46	20*	90	80	30	78	64	38	66	53	**
Biogeochemistry	70	68	29	80	80	60	83	76	56	66	53	**
Lithogeochemistry	88	86	40	80	70	70	83	70	39	66	66	**
Heavy Mineral Sampling	74	77	40	70	60	40	83	53	33	66	60	**
Gas Geochemistry	53	36	8*	70	80	10*	67	53	28	60	39	**
Analytical Techniques	69	54	39	90	80	50	90	70	50	80	72	**
Data Handling/Interpretation	87	70	41	80	70	40	84	70	50	66	59	**
Other Research												
Organic Geochemistry	51	34	7*	70	60	20*	66	24	17*	32	33	**
Fluid Including Geochemistry	56	49	13*	80	60	20	62	35	22*	33	39	**
Stable Isotope Geochemistry	57	49	18*	70	60	30	62	35	22*	46	32	**
Envirogeochemistry	58	49	8*	80	50	30	78	41	17*	53	40	**
Non Exploration Geochemistry	23	20	2*	50	40	40	38	24	11*	46	32	**

* approximately 33% nonresponse
** more than 60% nonresponse

CODE : A - Active or very active (Activity)
R - Important or very important (Relevance)
P - Satisfactory or very satisfactory (Performance)

programs and initiatives for the dissemination and presentation of data that can readily be used as case history and instructional material for training in geochemical methodology.

NATIONAL GEOCHEMICAL RECONNAISSANCE

The questionnaire responses record a strong endorsement of regional survey related activities of the Geological Survey and a broad support for the National Geochemical Reconnaissance financed, most recently, under the federal-provincial Mineral Development Agreements (MDA's). These programs have successfully stimulated and focussed private mineral exploration activity in Canada.

Because of the developed linkage between NGR surveys and MDA financing, the continuity of the programs is dependent on political decisions bearing on the renewal of funding commitments. Many of the agreements will not be renewed for fiscal 1989-90 and, unless alternative funding sources are arranged, field programs and analytical contracts will be terminated. Such terminations will be viewed by many of the Geological Surveys clients as negative developments partly because of the curtailment of the exploration and business opportunities and partly because the withdrawal of the GSC from country-wide regional programs may threaten the existing national standards that are responsible for the present high quality regional geochemical database.

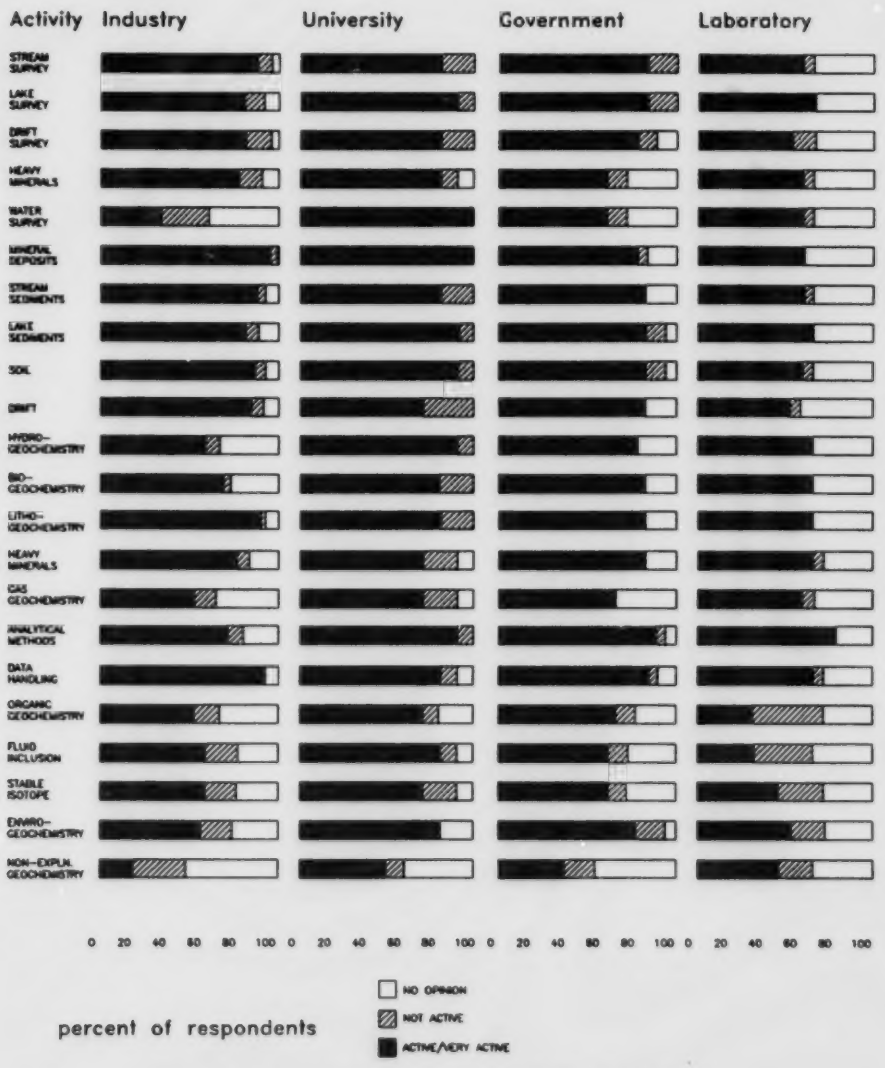

Figure 8. Appropriate geochemical activities for the GSC.

One of the most prominent criticisms of the NGR program from several quarters is the low-level of follow-up interpretation of data and the limited evaluation of geochemical processes responsible for the outlined dispersion patterns. This represents a distinct change of attitude on the part of many in industry, who originally voiced strong objections to any GSC follow-up or other detailed geochemical investigations that might be perceived as prospecting.

Although the Committee strongly supports the continuation of the NGR programs, it strongly recommends that additional A-base funding be made available to investigate those aspects of the NGR database that will lead to a better understanding of geochemical processes in the surficial environments and the development of better methodologies for more effective mineral exploration and regional surveying. Such background research is necessary for the NGR program to reach its full potential.

ARCHIVING OF SAMPLES

MDA funding has enabled the GSC to provide for archiving of geochemical drainage and water sample materials from across the country. The reanalysis program on selected archived materials has allowed the GSC to expand its analytical database to conform with changes in demand for mineral commodities and respond to the needs of its customers both inside and outside the natural resource industries. Predictably, data of environmental significance

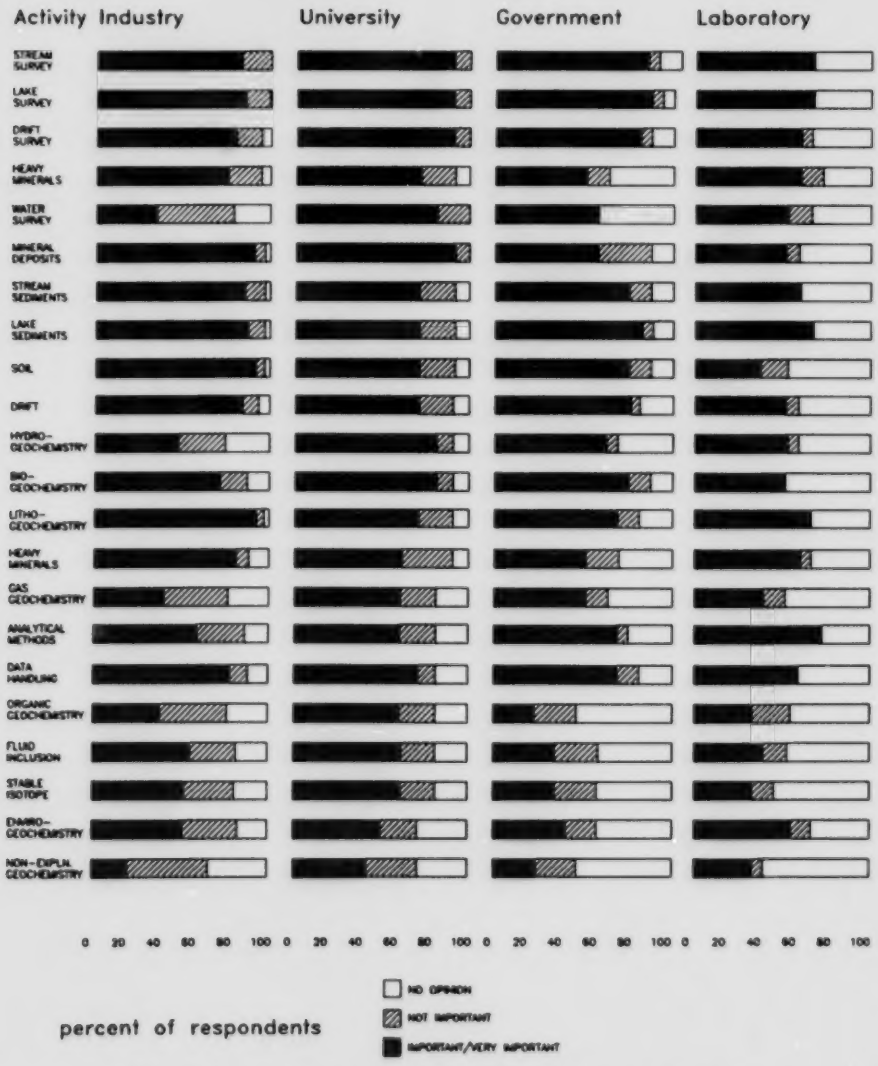

Figure 9. Relevance and importance of GSC geochemical activity.

can be gained from these samples and the Committee recommends that the geochemical archives be supported and maintained as a valuable national resource.

CONTRACTING OUT

Routine determination of trace element contents of soils, sediments, drift, etc. in support of exploration geochemical activities by the Mineral Resources and Terrain Sciences Divisions and MDA regional surveys is almost entirely contracted out. This practice should continue. For regional programmes, it is **essential** to ensure long term consistency and reliability of the resulting database through requiring samples to be prepared and analyzed by specified methods and by maintaining a rigorous programme of quality control. In the Mineral Resources Division one person is responsible for coordinating contracting-out and monitoring quality control. In the past, coordination of contracting-out and maintenance of quality control appears to have been less effective in Terrain Sciences.

Comment received from commercial geochemical analytical laboratories through the Committee questionnaire expressed considerable dissatisfaction with the DSS contracting out procedures for geochemical analysis. The Committee appreciates that not all laboratories will be successful in the competitive tendering process but GSC-DSS should review contracting out procedures to ensure they achieve: (i) high technical standards and competence, (ii) acceptable turnaround time, (iii) reasonably low costs, and (iv) equal opportunity to participate provided the foregoing criteria are met.

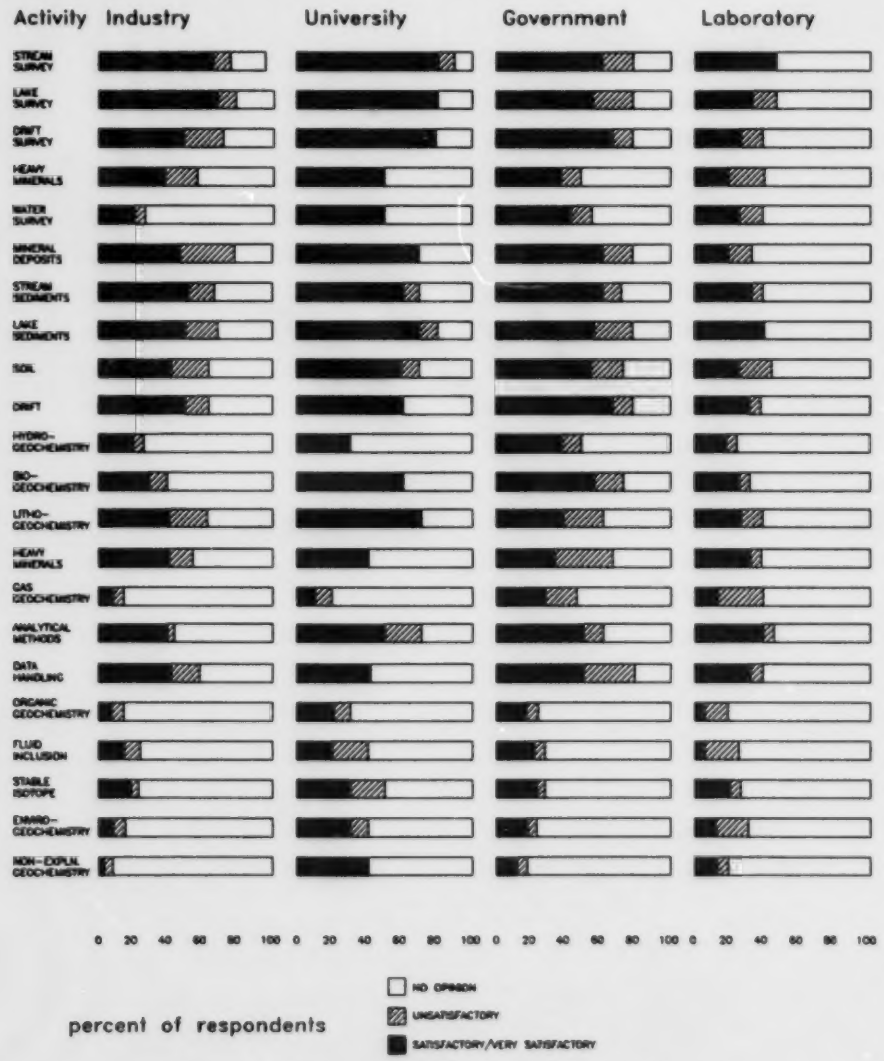

Figure 10. Assessment of GSC geochemical performance.

STANDARD REFERENCE SAMPLES

For some years, the Geological Survey has been preparing a series of twelve standard reference samples for use in geochemical analysis quality control. In the questionnaire response, a majority (80%) of private sector laboratories stated that the GSC should increase the availability of these materials to standardize commercial operations. While recognizing that certification of reference materials is a lengthy process, and that the 12 standards are intended for use in the NGR program, the GSC should make every effort to expedite their release and make them available to the Canadian analytical community. Expansion of the program to include other media, "difficult" matrices and a greater number of elements should be actively considered.

DISSEMINATION OF INFORMATION

Surprisingly few people in industry (approximately 20%) regularly read the GSC's Information Circular. A review of the Circular mailing list may reveal some opportunities for expanding the dissemination of this information. An annual subscription offer to include the Circular, Current Research volumes, the Volume of Abstracts, the Cumulative Index and

Table 18. GSC's contribution to new geochemical developments

	Industry n=60 %	University n=10 %	Government n=18 %	Laboratory n=15 %
Very Significant	15	0	11	0
Significant	41	70	50	60
Not Very Significant	22	30	0	20
Insignificant	0	0	17	0
No Opinion	22	0	21	20

Table 19. Perception of GSC's geochemical exploration research

	Industry n=60 %	University n=10 %	Government n=18 %	Laboratory n=15 %
Largely Applied	8	40	17	0
Somewhat Applied	51	10	28	47
Weak on Fundamentals	11	30	17	20
Too Much Fundamentals	8	0	0	0
Good Balance	25	50	17	0
Exploration Driven	23	30	22	20
Scientific Curiosity Driven	20	0	28	27
No Opinion	23	0	22	27

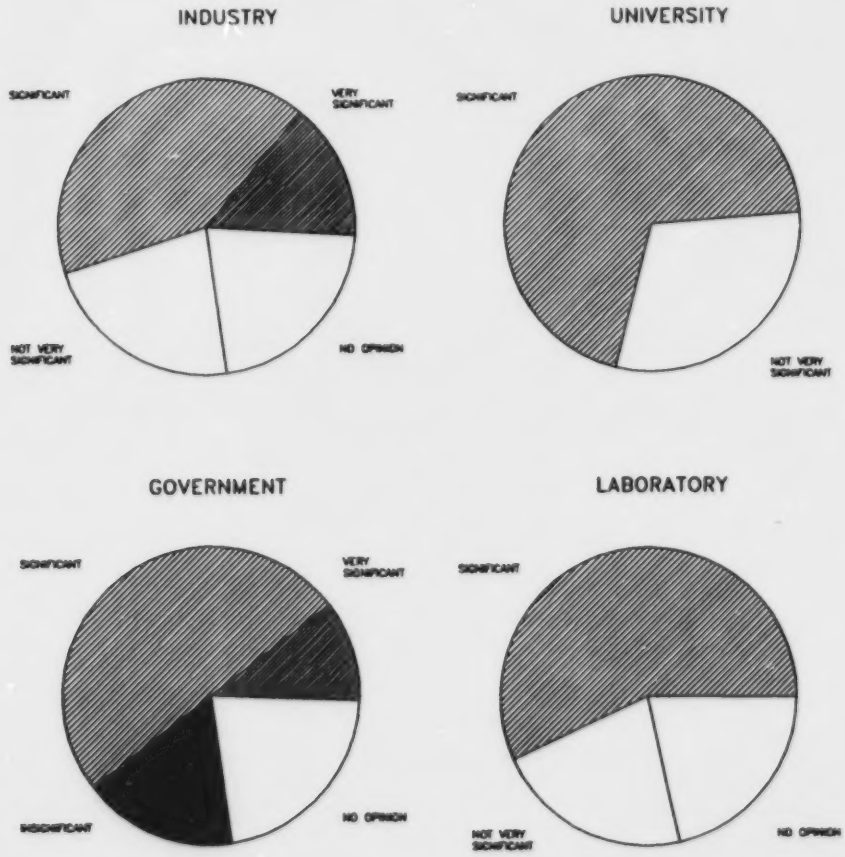

Figure 11. GSC's contribution to new geochemical developments.

the GSC Yearly Index was suggested by an earlier committee (Coope, 1982) and a response to the geochemical questionnaire suggested a regular newsletter that would inform the client community of field project locations and other activities to encourage more contact between private sector geologists and GSC staff. Another suggestion was the compilation of an annual summary of geochemical exploration publications and current research by topic. It was also noted that many GSC publications have blank end pages which could be used for advertising other GSC publications on related topics or areas.

It is recommended that management at the GSC should continue to examine the effectiveness of their public relations activities and seek cost-effective ways to make the public at large, and the mineral industry in particular, more aware of GSC geochemical activities.

It is clear that printed output is the preferred medium for the receipt of geochemical output. Considering the numerical nature of much of the geochemical information it is surprising that microfiche and computer tapes are not more widely used. In an age when virtually all geochemical data users have access to computers, the Committee recommends that the GSC should terminate the use of fiches and tapes for distributing geochemical output and expand the use of computer discs. The growth in the use of computer discs for information dissemination will be paralleled by a simlar expansion of disc usage as a publication medium. Whilst print will remain the most useful form of output for memoirs, reports and maps for some years it can be envisaged that all data will be increasingly stored and transferred electronically. The GSC is lagging behind in using this technology and considerably more effort should be made to bridge this technological gap. There is a danger in moving to electronic data transfer that this will favor the organizations which are computer literate at the expense of the individual for whom acquisition of the requisite computer facilities still represents a large investment. "A better, user friendly, interactive computer base would be welcome" and indeed the GSC is working slowly towards this Nirvana. The very high cost of installing and maintaining a "live" data base for public use should also signal caution in the way that electronic data transfer is implemented. The GSC should move expeditiously and deliberately but carefully into distribution of its geochemical data by electronic media.

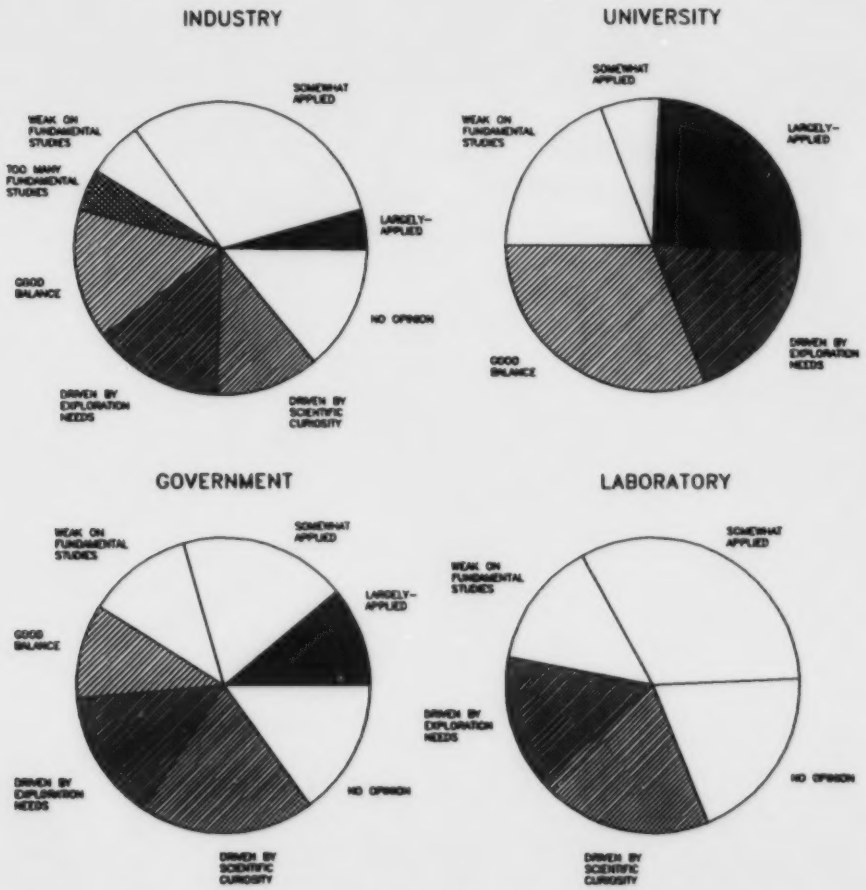

Figure 12. Perception of GSC's exploration geochemical research.

The data gathered on personal communication with the GSC geochemical staff (Table 10) reveals that the most frequent interaction occurs at workshops and conferences. This underlines the great value and effectiveness of the GSC participation in these meetings despite the acknowledged difficulties in obtaining the necessary leave and travel funds. The GSC should continue to encourage presentation of its geochemical output at regional meetings focussed either by topic or area. This would also present increased opportunities for subsequent personal contacts in the field.

The timeliness of the publication of GSC work in general was the subject of some criticism in the past (Coope, 1982) and it is still a prominent complaint even if by a minority. It is apparent that detailed descriptions and interpretations of geochemical data included in the formal output and outside journals is a need of an important segment of the exploration public. Since the scientific reputation of organizations like the GSC is judged on the basis of such publications, this matter still deserves the attention of GSC management.

Table 20. Question F-2. Type and cost by agency of regional geochemical surveys (1983-1988)

Survey type	Agency	Expenditures $ x 10^3			(% of Total)	
		Minimum	Maximum		Total	
Stream Seidment	Prov./Territory	0	1,500	(7.1%)	2,839	(11.3)
(fine fraction)	GSC	0	700	(3.3)	1,350	(6.4)
	Joint	0	443	(2.1)	643	(3.0)
					4,382	(20.7)
Stream Sediments	Prov./Territory	0	225	(1.1)	225	(1.1)
(HMC)	GSC	0	0	(0)	0	(0)
	Joint	0	843	(4.0)	843	(4.0)
					1,068	(5.1)
Lake Sediment	Prov./Territory	0	1,600	(7.6)	1,720	(8.1)
	GSC	0	1,169	(5.5)	2,854	(13.5)
	Joint	0	200	(0.9)	225	(1.1)
					4,799	(22.7)
Glacial Till	Prov./Territory	0	700	(3.3)	1,274	(6.0)
(fine fraction)	GSC	0	1,856	(8.8)	3,001	(14.2)
	Joint	0	491	(2.3)	691	(3.3)
					4,966	(23.5)
Glacial Till	Prov./Territory	0	600	(2.8)	850	(4.0)
(HMC)	GSC	0	0	(0)	0	(0)
	Joint	0	0	(0)	0	(0)
					850	(4.0)
Biogeochemistry	Prov./Territory	0	240	(1.)	250	(1.2)
	GSC	0	0	(0)	0	(0)
	Joint	0	35	(0.1)	35	(0.2)
					285	(1.4)
Ground Water	Prov./Territory	0	500	(2.4)	500	(2.4)
	GSC	0	0	(0)	0	(0)
	Joint	0	10	(0.1)	10	(0.1)
					510	(2.5)
Gas Geochemistry	Prov./Territory	0			0	
	GSC	0			0	
	Joint	0			0	
					0	
Lithogeochemistry	Prov./Territory	0	800	(3.8)	944	(4.5)
	GSC	0	1,100	(5.2)	1,100	(5.2)
	Joint	0	500	(2.4)	500	(2.4)
					2,544	(12.1)
Radiometric	Prov./Territory	0	0	(0)	0	(0)
	GSC	0	700	(3.3)	1,763	(8.3)
	Joint	0	0	(0)	0	(0)
Total costs	Prov./Territory				8152	(38.5)
	GSC				10,068	(95.3)
	Joint				2,947	(100)

Scrutiny by peer review and publication in refereed journals is an accepted yardstick of scientific credibility and productivity. It is also recognized to be an important factor in career advancement within the GSC.

Table 22 summarizes output in refereed journals over a five year period ending in 1988. It is apparent that there are wide disparities in productivity among individuals and that while several GSC scientists have enviable records of productivity, the productivity of others is less than satisfactory. As a result, average output is less than two papers per year - significantly lower than the level expected in the University community.

The committee regards this as a serious problem and recommends that strong evidence of productivity, based on frequency and timeliness of published output, become an important criterion for funding research by GSC scientists. The Committee also urges that GSC management reconsider the recommendation in Coope et al. (1983) that innovative formal publications introducing new concepts and ideas be subject to external review.

MINERALOGY AND CHEMISTRY SUBDIVISION

In its evaluation of mineral deposits research at the Geological Survey of Canada, the Naldrett Committee, (Naldrett et al., 1986), examined the predecessor Mineralogy, Chemical and Applied Chemical Laboratories, the predecessor to the Mineralogy and Chemistry Subdivision. Some of the recommendations of the Naldrett Committee have been instituted since the publication of the report and the present Committee has chosen to reinforce other recommendations not yet acted upon.

Table 21. Question F-4. Degree of cooperation between GSC geochemical and their provincial/territorial counterparts, in both regional surveys and methods research and development

	Close Cooperation	Some Cooperation	Little or no Cooperation	Activity of no interest
Conducting regional geochemical surveys for minerals	4	4	3	1
Research into regional survey techniques	1	3	5	3
Research into the interpretation of regional surveys	1	2	6	3
Research into methods of data integration and interpretation	1	4	6	1
Research into geochemical dispersion processes	1	2	6	3
Research into geochemistry of ore deposits	0	2	7	3
Research into the geochemistry of hydrocarbons	0	0	5	7
Biogeochemical research	2	1	5	4
Analytical techniques	1	3	6	2
Application of statistics to geochemical data	1	3	7	1
Use of image analysis for geochemical data geochmiques	1	2	5	3

12 responses

The Subdivision performs reasonably well given the present structure and management controls. However, it is considered that greater administrative and operational coordination among the units and the various clients within the Geological Survey will significantly improve quality control, efficiency and productivity in several areas.

It was a general observation of the Committee, that communication between personnel employed in the Analytical chemistry, Analytical Methods Development and the Sample and Mineral Preparation units is disappointingly limited. Considering the common scientific interests of these personnel, this lack of communication cannot be attributed entirely to differing responsibilities but can be traced to

Table 22. Numbers of papers published in refereed journals for the five years ending in 1988

Section/Unit	N	Range	Average
Exploration Geochemistry Subdivision			
Mathematical Application	5	4 - 11	1.9
Geochemical Methodology & Special Projects	6	0 - 11	1.2
Mineral Deposits Subdivision	9	2 - 15	1.2
Mineralogy and Chemistry Subdivision			
Analytical Methods Development	2	7 - 14	2.1
Terrain Sciences Division			
Individuals involved in exploration geochemistry method development	4	1 - 8	0.9
Overall	26	0 - 15	1.4

N = Number of individuals considered.
R = Range in total number of publications by individuals over the last five years.
Average = Average number of publications per person-year.

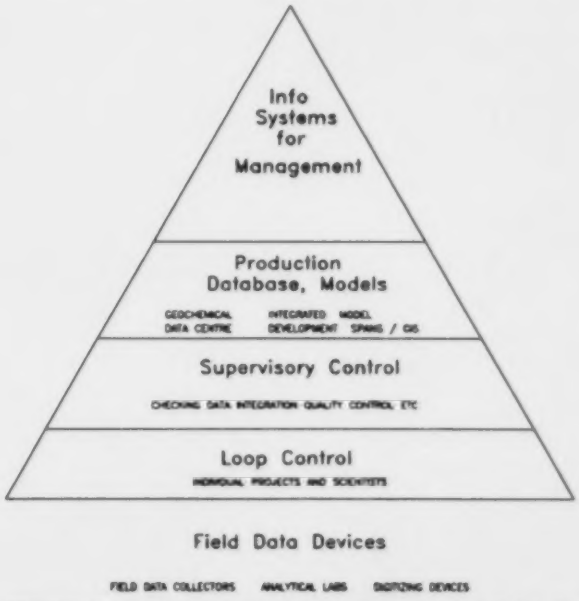

Figure 13. Recommended information integration for geochemistry at the GSC.

organizational difficulties affecting quality control and efficiency and individual differences which should be focus of management attention.

Reference has already been made to the relative isolation of the Sample Preparation and Mineral Preparation Unit within the Subdivision. It is a fundamental understanding with respect to the analysis of geological materials that the most appropriate standards of quality control in sample preparation can only be determined with a knowledge of the nature of the sample, the required analysis and the type(s) of analytical procedures to be used. Inadequate controls at this stage can destroy the integrity of the sample and it is recommended that the Analytical Chemistry Laboratories be given responsibility for sample preparation preceding chemical analysis and that the Analytical Methods Development unit also extend its responsibilities to the development of new and improved sample preparation techniques for specific exploration analytical problems.

Quality controls would be improved by supplementing the established Analytical Chemistry Laboratories procedures with the wider utilization of standard reference samples and the inclusion of field duplicates chosen and inserted by the GSC geologists and geochemists. The laboratory staff would welcome such a program to maintain the high quality of the Laboratories' output.

The problems of turnaround in the Analytical Chemistry Unit can be attributed in part to surges in the receipt of samples and unannounced requests for specific services. The existing Analytical Priorities Committee with membership from all GSC Divisions, should introduce measures to alleviate these problems by requiring GSC scientists to observe reasonable planning procedures to coordinate with laboratory scheduling. In addition, the Advisory Committee endorses the Naldrett Committee's recommendation 4.3.2.2.3 that a realistic costing of internal analytical work be instituted with costs to be charged against the budgets of individual projects. Such a procedure would encourage the closer liaison between the project scientist and the laboratory and make the scientists more accountable and more aware of the laboratory procedures.

The prioritizing of requests for analytical development as a function of management within the Division should also be more fully addressed. Few geologists, in any organization, seem to have any idea of the effort and time required for analytical development, and to avoid unrealistic expectations on the part of research geologists and allow adequate time for analytical development, an internal analytical liaison committee should evaluate the probable commitment required to take any particular development to a successful conclusion Careful consideration should be given to establishing internal cost recovery and charging a proportion of analytical development costs to the projects involved.

Traditionally, the Analytical Chemical Laboratories get long service from their equipment but this is not always without loss of production through maintenance problems. It is essential that operating budgets include a realistic component to cover maintenance costs and, whenever possible and appropriate, practical maintenance contracts should be established with instrument manufacturers.

To ensure high standards of analytical quality and further increase its productivity the GSC must make full use of advances in analytical technology and other R & D developments achieved within the Subdivision or elsewhere and maintain a state-of-the-art analytical laboratory. Inadequate funding in the early 1980s resulted in a serious deterioration in these standards: a realistic capital cost budget is necessary to avoid such a recurrence.

Similarly, if the Analytical Methods Development Unit is to maintain its present position in applied analytical geochemistry development in Canada it will be necessary for the GSC to meet the capital costs of increasingly sophisticated instrumentation. The Committee believes it to be important that the GSC makes this commitment, and as recommended in the discussion of the Analytical Chemistry Laboratories, a realistic capital equipment budget should be provided for Analytical Methods Development. The generally dilapidated condition of laboratory facilities was alluded to during several interviews. The Committee emphasizes that proper maintenance and repair and the timely replacement of old or obsolete equipment is necessary to ensure effective laboratory performance.

With the transfer of the Analytical Development unit into the Mineralogy and Chemistry Subdivision from Resource Geophysics and Geochemistry there was inevitable concern (internally and externally) over loss of contact with exploration geochemistry and maintaining the relevance of future analytical developments to mineral exploration. The committee observed that the greater part of the R and D work done by the unit is in collaboration with the Exploration Geochemistry subdivision and communication linkages continue. It is the committee's opinion that analytical methods development in exploration geochemistry is an important output of the GSC that should be maintained at about its present level.

Currently, the Analytical Methods Development Unit often undertakes "routine" analyses utilizing analytical methods developed in house but not yet included in the repertoire of the Analytical Chemistry Laboratories. While recognizing that there will be a "hand-over" phase following new developments the committee recommends that "routine" work within the Analytical Methods Development Unit be minimized by transferring newly developed or established procedures to the Analytical Chemistry Laboratories or commercial laboratories more promptly.

A number of scientists within the subdivision presented arguments to the Committee in support of the establishment of clean room facilities and an isotope laboratory at the Geological Survey. While the Committee agrees that such facilities are necessary for the determination of metals present in natural waters at low ppt concentrations, it is not convinced that **process oriented** geochemical studies requiring this type of analysis are of sufficient priority in mineral deposits research at the GSC to warrant the expense involved in retrofitting old laboratory facilities. The limited number of

analyses should be contracted out to organizations within government or the private sector that already have suitable facilities and methodologies in place. The Committee takes a similar stand with respect to the proposed isotope laboratory and urges GSC scientists needing sensitive water analyses and isotope determinations to establish close coordination and make the necessary arrangements with appropriate well established and well regarded laboratories capable of providing prompt and accurate results on GSC sample materials.

COMPUTERS AND DATABASES

Among the many types of information collected by the GSC, geochemical data is one of the most readily quantifiable. Thus for many years, the GSC geochemical data has been stored in numeric form in computers.

The revolution in computer capability and capacity that has taken place in recent years has outpaced its utilization in most applications. It is the Committee's observation that geochemists within the GSC should be taking fuller advantage of the computer revolution to facilitate communication within the survey and in the service of its user clients.

The Church committee in its report on "Mapping the Landscape" (GSC Paper 87-25) explained that "geological data possess several characteristics that are difficult to reconcile with contemporary computer data banks."

(i) Certain data are point-parametric; that is, the observation is summarized by a single number or code at a discrete point in geographical space (e.g., a geochemical assay; topographic gradient).

(ii) Data may be chorological; that is, a (supposedly) homogenous unit is identified which has finite spatial extent (landform or terrain units, outcrop pattern of a formation).

(iii) Data may be stratigraphic; that is, a string of information representing variation with depth below the surface is recorded at a point in space.

(iv) Data may be linearly distributed; that is, there is continuous variation in some geographical direction(s).

(v) Data may be fully distributed geographically.

Although much classic geochemical data is point-parametric and thus relatively easy to store in a computer database (i.e., a geochemical analysis at a particular point in space), there is an increasing emphasis and need to tie this information to stratigraphic data (e.g., analytical results on till horizons in a single overburden drill hole) and to fully distributed data such as geological maps.

Present Situation

At the time of the Committee's visits to Ottawa, computer use by the various GSC groups involved with geochemical exploration was as follows:

1. **Mineral Deposits Subdivision** - ad hoc geochemical data management. No established procedures for centralization of results for broader distribution and use. Geochemical analyses treated as private research data.

2. **Exploration Geochemistry Subdivision - Geochemical Methodology and Research Section.** Although computer facilities are used intermittently by most researchers in this section, they are used actively by five scientists. Generally, data is delivered to a PC by keyboard entry of field notes. Locations are added by digitized entry and the laboratory results by modem. These data are then stored in the R-base System 5 database, (later replaced by R-base for DOS), as a series of separate data packages of up to 2000 samples each with 15 descriptive and 35 analytical variables. Databases generally have the same structure although there are ad hoc variations. All applications packages resided in mainframe computers (CYBER and VAX) but more recently a VAX-based Oracle database has been installed to be fed by R-base local users.

   The development of the IDEAS computer-based geochemical data system for technology transfer is one of the key projects of the Section. The system has functionality in terms of large data package interactive graphics not available on PC software packages. The operation of IDEAS is relatively complex and lacks the versatility of some inexpensive PC-based software programs. Although a PC-based version of IDEAS is being considered by the USGS, it is apparent that the system is at a disadvantage due to the rapid developments in microcomputer technology, and will need strong support from a software company to gain widespread use in industry.

3. **Exploration Geochemistry Subdivision - Regional Geochemical Studies Section.** In 1988 when this review was made, this Section, which produces by far the greater volume of geochemical data from its regional programs, was plagued by marginal computer support and the confusing disadvantages of the three unrelated and overlapping CYBER, VAX and PC computer systems. The CYBER contained 90% of the National Geochemical Reconnaissance data and the VAX all the NGR data through 1988 as hundreds of separate ASCII files of descriptive, location and analytical information and each with no database structure. Plans called for the loading of the NGR data into ORACLE database software to be stored in the VAX, and R-base is now being used as a cheaper alternative for use with the PC's. By early 1990 the system was largely PC based. One, more integrated, plan calls for uploading data from the PC to the VAX ORACLE database with provision for downloading for access to applications software or for client phone-in enquiries. The enquiries database would allow for search using menus leading to the production of the required file for downloading to a remote computer. However, implementation of such a system is less critical than providing a single centre where all

geochemical data can be obtained along the lines of or included with the currently operating Geophysical data centre. NGR digital data has been available on magnetic tape since the 1970s and on floppy disk for the past three years. However, it is not always clear from where it can be ordered.

The full array of data incorporating that from terrain sciences, the methodology section and the regional geochemistry section is not all available from one source or in consistent formats.

4. **Exploration Geochemistry Subdivision, Mathematical Applications in Geology Section**. The responsibilities of this Section relate to the Geological Survey Sector as a whole with only a partial application to geochemical exploration. The Section has made significant contributions in statistical treatment and image processing of certain data sets and has been successful in integrating its services with scientists in other disciplines. The SPANS/GIS system is a valuable application, adaptable to spatial data, being advanced by the Section. It has been applied with success to several geochemical data sets generated by the Exploration Geochemistry Subdivision and has proven to be a positive stimulant to the added utilization and improved interpretation of regional geochemical data. SPAN's selection of the QUADTREE system to minimize the size of data sets tends to prohibit desirable rapid interaction with the data set in some applications and will limit the effectiveness of SPANS in the manipulation of very large data sets in the future. As a consequence, the timely evaluation of other GIS systems is an essential requisite to enable the effective presentation and interpretation of GSC geochemical data and at the same time facilitating the utilization of GIS systems analysis by GSC clients.

Discussion

GSC data, and particularly geochemical data, are an important resource, and are of greatest value when they are readily available, in a digitized form, for general use. Restrictions to the flow of this information beyond the need to ensure its quality and integrity are detrimental to total effectiveness. The establishment of a computer system to facilitate this utilization is a necessary investment in any geochemical program.

From the Committee's findings and observations, it is apparent that the GSC lacks a coherent strategy for input, quality control, storage and output of geochemical data. At the present time, much of the data collected, including analyses performed, are not readily available. A procedure is needed whereby data collected during research and surveys is passed through to more general databases which are accessible to other researchers and, importantly, to the Survey's clients. Open file data should be available to clients in digital form within two years of collection. At present large sets of geochemical data collected several years ago, at considerable taxpayer expense, are not electronically available.

A pyramidal computer system structure with centralized storage and information integration capability as illustrated diagrammatically in Fig. 13 is recommended. The pyramid portrays data management stages as information moves "upwards" into a centralized data bank. Establishment of such a structure will ensure data quality and longevity and the data bank will be widely available both within the GSC and to the Survey's clients. Major management difficulties likely to be encountered in the implementation such a system involves the acceptance by scientists of (a) a flexible but standardized data recording procedure and, (b) the ready availability of research and survey data through publicly accessible databanks. These principles are generally acceptable to exploration geochemists and standardized procedures of geochemical data acquisition and merging are commonly practiced. The predictable rapid development of rugged and reliable hand-held computers, now becoming available, and the establishment of portable navigational and positioning devices with an accuracy of a few meters will encourage their general use with geographic data at the sample site.

Automated procedures are likely to be less readily accepted by researchers in other disciplines. However, their needs can be accommodated by the development of a flexible geographic and descriptive data recording system.

The increased use of geographic information systems will necessitate the integration of geoscientific database systems. Immediate planning should be instituted to accommodate the ready collection of geophysical, geological, geochemical and other earth science data as part of geographic data packages plus the provision of floppy or compact disc distribution procedures to satisfy the needs of clients. Demand and technical advances will determine the feasibility of establishing a "live" database for electronic transmission to registered clients. In the interest of efficient data management, this proposal should probably be considered as part of a more encompassing evaluation of computer data management within the GSC. Such an evaluation necessarily must be progressive and senior management must recognize the critical importance and inevitability of efficient and effective computer data management and counter the retarding force of the status quo.

REFERENCES

Coope, J.A., D'Anglejan, B., Gordy, P.L., Strangway, D.W., Sutherland Brown, A., and Tanguay, M.G.
1983: The Geosciences in Canada, 1982 Part 1: an examination of the output of the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 82-6, pt. 1, 59 p.

Lindseth, R.O., Lamarche, R.Y., Baillie, A., Jennings, C., Barr, S., Morris, H., Carbonneau, C., Neale, E.R.W., Gammon, J., and Nisbet, E.
1989: Earth Sciences in the Service of the Nation A report on the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 89-25, 29p.

Naldrett, A.J., Cathro, R.J., Hoffman, E.L., Lamarche, R.Y., and Wallis, R.H.
1986: The Geosciences in Canada, 1985 Part 2: Report of the Canadian Geoscience Council Advisory Committee on Mineral Deposits Research at the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 85-6, pt. 2, 44 p.

Weir J.D., Coope, J.A., Mollard,J.D., Strangway, D.W., and Sutherland Brown, S.
1979: A report concerning the Geological Survey of Canada, in The Geosciences in Canada, 1978; Geological Survey of Canada, Paper 79-6, p. 4-18.

APPENDIX A

OPERATIONAL PLAN OF THE EXPLORATION GEOCHEMISTRY SUBDIVISION 1988-1989

1. **GEOCHEMICAL RESEARCH AND METHODOLOGY**

1.1 **Precious Metals - Continue**

.1 Lithostratigraphic, lithogeochemical, clay/till geochemical studies for Au and PGE in:

(a) Ontario
(b) Quebec
(c) British Columbia
(d) Northwest Territories

.2 Regional lithogeochemical studies of Au-porphyry copper systems and alteration zones in British Columbia (Mitchell-Sulphurets)

.3 Investigation of relationship of Archean Au mineralization to oxidized felsic intrusions in the Abitibi belt and deep ductile shear zone, Bamble belt, Norway

1.2 **Biogeochemistry - Continue investigations of:**

.1 Biogeochemical behaviour of precious metals and seasonal variations in plant tissues in:

(a) Saskatchewan (Star Lake)
(b) British Columbia (Quesnel, Hedley)

.2 Sugar maple sap chemistry and applications to die-back phenomenon in Quebec (Eastern Townships)

1.3 **Groundwater**

.1 Complete testing of reverse circulation groundwater sampling systems and obtain patents

.2 Continue:

(a) testing multilevel piezometer system
(b) investigation of groundwater geochemical prccesses in environments adjacent to lakes

2. **DATA INTEGRATION AND ANALYSIS**

2.1 **Geomathematics/Geostatistics**

.1 Continue investigating:

(a) applications of advanced mathematics/statistics to data interpretation and integration for resource evaluation and software development
(b) computer modeling of fluid flow and solute transport for enhanced oil recovery and hazardous waste disposal problems

2.2 **Data Integration - Continue:**

.1 Development of SPANS-PCI system for geoscience data integration and study of spatial inter-relations

.2 Ground studies to verify identification of vegetation stress and alteration zones from remotely sensed data in:

(a) Northwest Territories (Ferguson and Yathkyed Lakes)
(b) Northern New Brunswick (Elmtree)
(c) Quebec (Schefferville)
(d) Ontario (Mazinaw Lake)

.3 Laboratory studies to determine effects of metal uptake on plant stress

2.3 **Technology Transfer**

.1 Complete computer-based geochemical data system (IDEAS) for technology transfer

.2 Continue Optronics Laser Plotter software development for production of geochemical maps

.3 Initiate studies of expert systems applications in exploration geochemistry

3. REGIONAL GEOCHEMICAL STUDIES

3.1 **Regional Surveys**

.1 Conduct regional geochemical lake/stream surveys in:

(a) New Brunswick
(b) Ontario
(c) British Columbia
(d) Yukon

.2 Reanalyze archived Labrador samples

.3 Publish results of 1987 regional surveys (estimated 18 Open Files, 475 maps)

.4 Continue compilation and interpretation of heavy mineral data in:

(a) Eastern Townships
(b) Lower St. Lawrence areas, Quebec

.5 Initiate follow-up investigations of tungsten, base metal, rare earth, PGE and barite-rich anomalous zones in above areas

.6 Provide technical assistance for the CIDA Jamaica survey program

3.2 **Method Development - Continue development or modification of exploration techniques for national reconnaissance surveys with regard to:**

(a) Au/PGE

(b) instrumental neutron activation analysis

(c) pathfinder elements

(d) high density surveys

3.3 **Quality Control - Continue:**

.1 Evaluation of International Reference Standards and analytical data

APPENDIX B

GEOCHEMICAL ATLAS OF CANADA
(a suggestion for a country-wide approach)

SUMMARY

A two-tiered approach to the geochemical mapping of Canada is suggested: an ultra-low density, multi-media, country-wide survey; and much higher density, NGR-type regional surveys in areas of significant mineral potential. The ultra-low density survey would map the geochemical background across the country by sampling representative profiles of the landscape prism with one sample set per 300-500 km^2. This type of sampling would provide comprehensive data on the chemical nature of the country's landscape, and should be completed in a short (5 year) period to provide a temporal baseline relative to which future environmental changes can be monitored. The results would also map continental-scale geochemical features over an area of unprecedented size, and allow a comparison over this broad area of geochemical response in the various media (vegetation, surface water, drainage sediment, soil and till). These geochemical features would reflect both major tectonostratigraphic units, and major metallotects.

The more conventional surveys in areas of significant mineral potential would be a continuation and extension of the current NGR-type surveys, optimized to be useful to the mineral exploration sector. Surveys would typically involve the collection of a single sample medium, the choice of which would depend on local geological and physiographic conditions. Sample density would be in the range 1 site per 2-13 km^2, dependent on local geological conditions. These surveys would be carried out in consultation and cooperation with provincial and territorial agencies, but the GSC would ensure that methods used could be related to the framework of country-wide, low density geochemical mapping which would permit an analysis spatial geochemical variations over a very wide range of scales.

This two-tiered approach would be a logical development of the current NGR program, taking into account work in Europe on national geochemical surveys. The more detailed surveys, with their emphasis on mineral resource appraisal, would continue to be optimized for this purpose against the background of local conditions of physiography, target commodities and state of the overall geoscience information base. The multi-media, ultra-low density surveys would provide a geochemical framework to which the more detailed survey data could be related, and would provide a relatively rapid, multi-faceted overview of landscape geochemistry to address more fundamental geological and general environmental questions, questions that will not be addressed comprehensively by the more detailed regional surveys for mineral resource appraisal. This separation of survey objectives, scales and design should avoid the compromises that often make a multi-purpose survey of limited use to anyone. It is recognized that the ultra-low-density survey would require significant new funding, and considerable multi-disciplinary expertise to implement. The GSC has the expertise in its geoscientists, and as the environment is of paramount concern to Canadians, it might be opportune to seek this scale of new funding. This initiative could form a focus for greater collaboration between geochemists and geoscientists in related fields at the GSC, and help to maintain the worldwide reputation of applied geochemistry at the GSC.

INTRODUCTION

National geochemical atlases are becoming available for an increasing number of countries, and with their availability an awareness is growing of their usefulness to both geologists and scientists from other disciplines concerned with the geochemistry of the biosphere. Their main uses are for mineral exploration, in making regional geological and metallogenic syntheses, and for the measurement of the geochemical background in our environment. Various sample media have been employed, the choice being influenced by landscape, primary survey objective, and commonly, the experiences of the individual groups of geochemists involved in each national survey. The density of sample sites has also varied considerably from country to country, and also within some countries. Sample densities range from 1 site per 1-2 km^2 to as low as 1 site per 25-30 km^2. In many cases the adoption of a low sample density seems to have been predicated on economics - a function of the resources available and the area to be covered. The sample density strongly influences the potential uses of survey data; for mineral exploration in particular, the higher the sample density the more the direct impact on mineral exploration. Despite the variety of designs, it is encouraging to note that, where sampling and analysis have been conducted in a systematic and carefully controlled manner, the geochemical patterns closely reflect known geology and they usually suggest new, hitherto cryptic features. Furthermore the patterns show both regions of man-made pollution and areas naturally enriched in toxic elements that may be of environmental concern.

Canada's National Geochemical Reconnaissance Program (NGR), which commenced in 1975 has covered about 20% of the country's 9,976,000 km^2 area or 23% if the Arctic Islands are excluded. It was not the intention to entirely cover the whole country with NGR-type surveys, a task that would require another 40-50 years to complete at the funding level so far provided, but to focus on areas of probable or possible mineral potential. The surveys typically involve the collection of both sediment and water samples (lake or stream depending on physiography), and the overall program was conceived primarily to provide regional mineral assessments for uranium and base metals, and to stimulate and focus mineral exploration. More recently, survey parameters have been modified (mainly by the incorporation of recently

developed analytical techniques) to provide data relevant to exploration for a much greater range of commodities, including gold. Overall, the program is achieving its main objective of stimulating and focusing private sector exploration, and in addition the data are finding application in environmental studies (e.g., acid rain, mercury levels in fish).

Although the N.G.R. was initiated at about the same time as several other national geochemical surveys, complete coverage of Canada by this program may never be achieved, whereas those of many other (smaller) countries in the northern hemisphere are either complete or nearly so. Perhaps now is a time to review the NGR: its objectives, its design and the level of resources committed to it as well as alternatives to provide a reconnaissance geochemical database in areas not likely to be covered by NGR surveys in the future. The current review of geochemistry at the GSC implies a time for evaluation of programs and new directions. A revitalized program of geochemical mapping would enhance the international reputation of the geochemistry group at the GSC, and could lead to Canada's taking the lead in projects such as International Geochemical Mapping (IGCP 259), an area currently dominated scientifically by the Scandinavians.

A critique of the current NGR

This program has proven successful in stimulating and focusing mineral exploration in Canada, and the GSC should make sufficient resources available to ensure that the program continues until all areas of possible economic mineral potential (based on prevailing geological models) are covered. In addition these resources should be sufficient to allow a continuing program of R and D into regional survey methods so that program specifications can be rapidly changed to meet varying requirements dictated by changing commodity needs, and the changes in the geochemical landscape as the survey crosses physiographic provinces. Some aspects of the program deserve comment.

Objective. The program was designed initially for uranium resource appraisal, and design features such as the typical sample site density of 1 per 13 km^2 were chosen with this in mind. With the change in demand for mineral commodities - precious metals, and more recently base metals - this density is too wide to provide more than a broad-brush appraisal of the mineral resources of a terrain. In recent surveys this problem has been addressed by changing such survey parameters as sample density and element suite. In a program extending over many years, the focus will change, requiring a continuous R and D program to guide modifications to meet these changing objectives. The level of support for this R and D, both in terms of personnel and funding level, has been barely adequate, and appears to be diminishing while the pace of change is accelerating.

Rate of coverage. Considering Canada's size, complete coverage by NGR-type surveys remains a distant prospect at the present rate of progress. Even those areas which are currently considered to have possible economic mineral potential are very extensive, and will require significant resources to map geochemically at a sample density useful to the mineral exploration industry. Furthermore, the rate of coverage has been quite variable due to large variations in program funding. This variation creates problems in survey implementation, since during lean years the regional survey group is cut back, so that the group has difficultly responding when funding is expanded, often with little warning. The regional surveys group should prepare a long range plan that would identify those areas of Canada remaining to be covered by NGR-type surveys and the approximate cost, a suggested ideal rate of coverage, and the size of the core of geochemists and technicians required to implement these surveys. This core within the regional surveys group should be funded entirely by the GSC on a long term basis, not from short term program funds. The rate of coverage should be sufficient to ensure that sample collection of the areas of mineral potential is completed by the end of the century.

Survey Design

Drainage sediment (fine fraction) and water have been used effectively worldwide in reconnaissance geochemical surveys for mineral exploration, and they are entirely appropriate as the main sample media for the NGR. Other media such as ground water and the heavy mineral fraction of stream sediment have been included in specific NGR surveys, and till geochemistry, lithogeochemistry and biogeochemistry have been used in particular areas, although these results have not been included under the NGR umbrella.

Given that encouraging and focusing mineral exploration remain the principal objective of the NGR, it is desirable to continue using drainage sediment and water as the 'standard' media, unless they are demonstrably ineffective in a particular area, in which case another approach would have to be used. The design of multi-element geochemical surveys such as the NGR is always a compromise, and in a national program standardization is an important factor in survey design together with cost and effectiveness.

The data from NGR surveys give a great deal of information relevant not only to mineral exploration, but also to metallogenic studies, geological mapping and environmental concerns. The NGR surveys may not provide optimum data for all of these end uses, but they do provide useful information for all. Drainage geochemistry is particularly relevant in measuring the geochemical background as a basic input for environmental studies. By measuring the abundances of as many elements as technically and economically feasible, the NGR data can be made more relevant to more users.

The suite of elements determined on drainage samples has grown from about a dozen elements in early surveys (Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Ag, As, Mo, U, Mn and Fe, together with LOI), to include additional elements such as F, V, Sb, Sn, W, Cd and Hg. This suite is relevant to uranium and base metal exploration, as well as to gold exploration to a degree. It includes several elements that are toxic at low levels to many organisms and hence of environmental concern (e.g., As, Cd, Cu, Hg, Sb and Pb). More recently, Au determinations have been made by a fire assay, neutron activation technique, and

most recently by direct neutron activation. This last method provides, in addition to Au, useful data for a further 17 elements (Ba, Br, Ce, Cr, Cs, Eu, Hf, la, Lu, Na, Rb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th and Yb). The method has a great advantage in being non-destructive, thus preserving valuable sample material for archiving.

Recent analytical developments such as NAA and ICP-ES that provide low cost, high quality, multi-element analyses make a rationalization of analytical techniques in NGR surveys necessary. Such a rationalization could lead to an expanded element suite at the same or lower cost per sample, while at the same time consuming less sample material. The well designed system for monitoring analytical quality and control that has been in place throughout the NGR should ensure that any changes in the geochemical data due to changing methods can be measured and compensated for. Further research is required to develop analytical methods to be even more cost-effective, and also to determine adequately and economically those elements for which practical techniques are not yet available, e.g., for the platinum group metals.

The water samples are currently routinely analysed only for U, F and pH. With new analytical techniques such as ICP-MS and ICP-ES, this suite could and should be greatly expanded to include major elements and a range of trace elements. Some modification of sample collection might be required to include field filtration, but the resulting data would be useful for both mineral exploration and environmental purposes.

The Future of the NGR

The basic design of the NGR is sound, and the method of implementation whereby design and data verification and compilation are done by GSC staff, while sample collection, preparation and analysis are contracted to the private sector, is cost effective. It is most important that the GSC retain control over survey design and quality control. There is a misconception by some that once specifications are finalized, a program such as the NGR can be run by technicians. To respond appropriately to the challenges of geochemical mapping in the different physiographic terrains of Canada, to meet the changing demands of the users of survey data, and to ensure that survey technology is up to date, it is essential that a group of geochemists and technicians is supported to carry out the necessary research and development to ensure continuing survey effectiveness, appropriateness and efficiency. Currently, on-going support for the regional surveys group is inadequate.

Inevitably, technological change can make the results of early surveys somewhat obsolete. The practice of archiving NGR material after the completion of analyses has been amply justified by the strong industry response to recent results from the reanalysis of the material by NAA for gold and associated elements. The GSC must undertake to maintain these archives permanently. The reanalysis of these archived samples to make the element suite compatible with newly collected samples should be a priority.

There are also data from reconnaissance geochemical surveys that are not included as contributions to the NGR coverage. Some of these surveys were done by the GSC and involve media other than drainage sediment: till and vegetation principally. Other surveys were carried out by agencies other than the GSC, and many involve drainage sediment. The most extensive of these were carried by the Quebec Ministry of Energy and Resources. The data from surveys using media other than drainage samples should be evaluated to determine whether they should be included as part of the NGR coverage, or whether the results reflect geochemical features significantly different from the 'standard' NGR sample media. For drainage sediment data collected by agencies outside the GSC, every attempt should be made to incorporate the results. Sampling methods should be compared, as well as analytical methods. If samples from these surveys have been archived, consideration should be given to reanalysis of the remaining material using NGR methods, or at the very least reanalysis of the reference materials used to monitor accuracy and batch to batch precision. Where neither archived material nor control reference sample material are available, a limited resampling program using NGR methods might be required to allow reconciliation and levelling of non-GSC survey data to NGR standards. The maintenance of NGR standards is important to ensure that users, in particular the mineral exploration industry, can have the same confidence in data from the same sample medium from adjacent provinces. At the same time, where data from a well designed and implemented survey exist, it makes no sense to duplicate the survey. The GSC should initiate discussions with the agencies concerned, especially the Quebec Ministry of Energy and Resources to address this issue.

Finally, the value, in both practical exploration and scientific terms, of the NGR should be emphasized more strongly. An overall plan with estimated costs and a proposed timetable should be prepared, to cover both areas to be sampled and areas where further analyses are required. This plan should be promoted and funding solicited from within the GSC, from regional development programs, from the provinces, and possibly from industry.

Ultra-low density survey

Rationale. Because of Canada's huge size, small population and the very limited development of surface transportation routes, country-wide geochemical mapping within a limited period (say five years) could only be achieved by very low density sampling. Work in Scandinavia by Bjorklund has shown that densities as low as one composite sample per 300 km^2 reveal coherent, interpretable geochemical patterns (e.g., the geochemical atlas of Finland). This work was based on analysis of composite samples of the fine fraction of till (62 microns); similar results were reported nearly 20 years ago by Armour-Brown and Nichol based on stream sediment data at a density of 1 site per 200 km^2 in Zambia. Geochemical maps of Norway (over 324,000 km^2) based on 690 overbank stream sediment samples also produce coherent, interpretable patterns as shown by Ottesen and Bolviken. One type of feature that these low density surveys appear capable of

defining are extensive metallotects such as the Zambian Copper Belt, the Raahe-Ladoga main ore belt of Finland, and the mineral districts within the Dalradian metamorphic province of Scotland. As well as defining these metallogenic provinces spatially, where appropriate elements are determined, the reconnaissance geochemical data provide an unique perspective on ore genesis on a regional scale.

A density on the order of 1 site per 300-500 km^2, while being dictated for Canada by economics, would be expected to provide unique geochemical patterns relevant to regional geological correlation and metallogenic studies. It could potentially provide a comprehensive review of element levels and other spatial variations across the spectra of geological regimes, physiographic provinces and ecosystems of Canada. This environmental perspective alone would be a significant contribution to long term environmental studies into the next millenium, and one that will not be made by other government agencies.

Design. The survey should seek to sample a cross-section of the geochemical landscape of each site (the landscape prism will vary from region to region). Key sample media would be drainage sediment (lake or stream), surface water (lake or stream), and glacial till (preferably lodgement till). Ancilliary media would include vegetation samples (possibly both overstory and understory) and soil samples (humus and B horizon). The selection of sample sites within each regional grid cell would be very important and would require the expertise of specialists in drainage geochemistry, Quaternary geology and till geochemistry and biogeochemistry. For many parts of Canada there is sufficient information to allow sampling schemes to be finalized, but elsewhere orientation surveys might be required.

Each set of sites would yield a suite of material for analysis:

1) Drainage sediment -lake sediment, or
   stream sediment, fine fraction
   stream sediment, heavy mineral fraction
   stream sediment, organic material
2) Surface water - lake water, or
   stream water
3) Till -fine fraction
   heavy mineral concentrate
4) Vegetation -overstory
   understory
5) Soil -humus
   B-horizon

To be interpretable, a comprehensive description of the landscape around the set of sites would be required, with particular emphasis given to the nature of the overburden.

Each medium should be analysed for a broad range of elements (as discussed above for the present NGR samples). This would yield sets of overlapping data for each medium, with element patterns in different media reflecting different aspects of the geochemistry of the earth's surface. Heavy mineral concentrates, and whole till samples would emphasize primary geological features. Lake sediment would emphasize trace element patterns related to bedrock alteration and metallogenesis. The hydrogeochemical data would map leachable metal, available for biological uptake. The vegetation data would indicate actual levels of uptake by the flora.

To provide the maximum amount of useful information from the widely spaced sample sites, a statistically sound sampling design must be employed to allow a thorough analysis of variance at all levels of the survey. Sampling must be consistent and analytical quality must be as good as economically feasible, and both must be carefully monitored and measured. A GIS such as SPANS will be essential to handle, display and analyse quantitatively the very many layers of data that will result from such a large, multi-layered survey.

Post survey studies

Two kinds can be envisaged: higher density studies to better define spatial features in the data and to characterize the geochemical processes causing the patterns to aid interpretation, and repeated sampling at a few selected site sets to provide a measure of temporal variation in the data (both seasonal and year to year). Many of these studies might be carried out under university research agreements by graduate students.

Funding

This type of survey would not likely receive funding from Mineral Development Agreements as its economic returns are too long term. The survey would constitute a new initiative to be completed by a project team within a specified time period (i.e., 5 years), and should be funded mainly as a new program.

CONCLUSION

Regional geochemical surveys of the type carried out under the National Geochemical Reconnaissance program are contributing significantly to more efficient and effective mineral exploration in Canada. These surveys provide a unique type of information about the nature and location of mineralization in the country, and are widely supported by the majority of mineral exploration companies, and by most provincial governments. The GSC should continue and expand somewhat its funding of the regional surveys section so that this group has sufficient resources to both continue the survey work, and carry out method development through orientation studies and post-survey follow up. In addition the GSC should develop a plan with provincial and territorial agencies to delineate the areas to be covered by NGR surveys,

and to outline the cost and time required to complete coverage of the total area. An adequate and more stable source or sources of funding should then be sought for the work.

Provincial and territorial surveys have differing views on their degree of involvement in NGR type surveys. Some wish to carry out the surveys themselves, others are happy to have the GSC perform the work, and most see some form of shared delivery as optimum. All provinces and territories wish to have some control over where within their jurisdiction the surveys are done, but most, if not all, are prepared to contribute to the survey costs. Many provincial government geochemists would like to see a National Geochemical Survey committee set up with representatives from the GSC and provincial and territorial surveys. This committee should meet regularly (at least once a year) and the NGR would be a major item for discussion. Most provinces consider NGR methods and standards to be satisfactory, and recognize that the GSC has by far the largest group of exploration geochemists in Canada. They therefore regard the GSC as a centre of expertise in this field, although some provincial surveys can also contribute significantly to the development and improvement of geochemical survey methodology. The interchange of ideas would be greatly facilitated by round-table discussions between all government geochemists.

In addition to the continuation of NGR-type surveys, a country-wide multi-media, ultra-low density survey is proposed. This would form a framework to which the more detailed, single medium, and areally restricted NGR surveys would be related. Such a survey would seek to establish the geochemical background of Canada in a representative cross-section of the landscape prism in a relatively short period of time (5 years). This broad, country-wide survey would appear to fit within the mandate of the Federal Government alone. It should be regarded as a program to complement the NGR surveys, not to replace them or to compete with them for funding.

APPENDIX C

QUESTIONNAIRE

CANADIAN GEOSCIENCE COUNCIL

ADVISORY COMMITTEE REVIEW
OF GEOCHEMICAL ACTIVITIES
AT THE
GEOLOGICAL SURVEY OF CANADA

QUESTIONNAIRE

September 1988

COMPLETION INSTRUCTIONS

1. All recipients are asked to complete Parts A, B, C, and D.
2. Recipients at universities are asked to complete additional Part E.
3. Recipients in government agencies are asked to complete additional Part F.
4. Recipients representing analytical service laboratories are asked to complete additional Part G.

(Note - Additional Parts E, F, G forwarded only to the appropriate recipients).

PART A

Respondent No. ___

Your response to Part A of this questionnaire is optional. However, the Committee would appreciate the provision of the following background information which will be held strictly confidential to the Committee and only used for follow-up or clarification purposes by members of the Committee.

Name

Title/Position

Organization

Address

Telephone

Thank you for your cooperation. When completed, please return the questionnaire to:

Dr. I.L. Elliott
Cominco Exploration
700 - 409 Granville Street
Vancouver, BC V6C 1T2

PART B

Geochemistry is carried out by a very diverse community in Canada. This section will provide the Committee with background to your responses in terms of your use of geochemistry and resources and the geographic distribution of your activities.

B-1. In answering this questionnaire -

	Yes
(a) Do you represent yourself?	____
(b) Do you represent your organization?	____

B-2. Is your organization (Check one or more). -

(a) A producing mining or petroleum company?	____
(b) An exploration company?	____
(c) A university/educational institution?	____
(d) A federal government agency?	____
(e) A provincial government agency?	____
(f) An analytical service laboratory?	____
(g) A consulting or service agency	
(i) in exploration?	____
(ii) in environmental matters?	____
(iii) in hydrogeology?	____
(h) Other (please specify).....	

B-3. What is your geographic area of interest? (Check one or more).

(a) Western Cordillera	____
(b) Western Sedimentary Basin	____
(c) Arctic Islands	____
(d) Precambrian Shield	____
(e) Eastern Lowlands	____
(f) Appalachian Region	____
(g) Canadian Offshore	____
(h) Outside of Canada	____

B-4. Indicate your interest and use of various applications of geochemistry by checking one or more of the following:

	Interest	Use
(a) Regional Stream Sediment Sampling	____	____
(b) Regional Lake Sediment Sampling	____	____
(c) Soil Sampling	____	____
(d) Whole Rock Analyses (Major Elements)	____	____
(e) Trace Elements in Rock	____	____
(f) Hydrogeochemistry	____	____
(g) Gas Sampling	____	____
(h) Biogeochemistry	____	____
(i) Heavy Mineral Surveys	____	____
(j) Glacial Drift (including till) sampling	____	____
(k) Stable Isotopes	____	____
(l) Fluid Inclusion Geochemistry	____	____
(m) Organic Geochemistry	____	____
(n) Environmentally-related Geochemistry	____	____
(o) Other (Please specify)		

B-5. Does your organization operate a geochemical laboratory

	Yes	No
(a) For analysis of samples collected by employees or consultants/contractors to your organization?	____	____
(b) As a commercial enterprise?	____	____

B-6. What percentage (approximate) of the geochemical samples collected by your oganization are

	Approx. %
(a) collected by professional geochemists?	____
(b) collected by professional geologists?	____
(c) collected by other trained full-time employees?	____
(d) collected by part-time or casual employees?	____
(e) collected by contractors or consultants?	____

B-7. What is the purpose of your geochemical activity? (Check one or more).

(a) discovery of new mineral resources	____
(b) development of new geochemical exploration methods	____
(c) environmental studies/investigations	____
(d) terrain science studies	____
(e) mineral deposits research	____
(f) geological mapping/research	____
(g) Other (please specify)	

PART C

This section is designed to: (a) gain a measure of your awareness and use of GSC formal and informal geochemical output, and to: (b) gauge how well your needs are served by this GSC output.

Geochemical output originates from several sources in the GSC as follows:

1. Mineral Resources Division -
   (a) Exploration Geochemistry Subdivision
   (b) Mineral Deposits Subdivision
   (c) Mineralogy and Chemistry Subdivision
2. Terrain Sciences Division -
   (a) Quaternary Geology Subdivision
   (b) Quaternary Environments Subdivision
3. Institute of Sedimentary and Petroleum Geology -
   (a) Petroleum Geology Subdivision (Organic Geochemistry)

Please answer the following questions:

	Yes	In Part	No
C-1.			
(a) Were you aware of this dissemination of geochemical activity within the GSC?	___	___	___
(b) Are you aware of the type of geochemical work carried out in each subdivision?	___	___	___
C-2. Do you receive the Monthly Information Circular of the GSC?	___		___

The output of the GSC can be classified as follows:

Published Output

(a) Formal GSC Publications:
Memoirs, Papers, Bulletins, Econ. Geol. Reports and 'A' series (colored) maps. Current Research publications.

(b) Open Files: includes some 'G' series maps (Aeromagnetic, radiometric, Geochemical Maps); Preliminary Maps; Unedited text reports; Contracted reports by non-GSC personnel; Geochemical data from MDA programs; Selected software.

(c) Publications in Outside Journals.

Unpublished Output — Geoscientific information distributed to government, university, industry and public at large through lectures; memoranda; participation in workshops; symposia and committees; as advisors to other countries and Canadian federal and provincial government departments; and at informal meetings and discussions.

C-3. Please indicate your use and your evaluation of the timeliness and reliability/scientific quality of GSC geochemical output by circling the appropriate numbers in the following tabulation. Please use the following classifications:

Frequency of Use
1. at least monthly
2. at least yearly
3. less than yearly
4. never

Your Use and Application
1. source of data
2. field methodology
3. analytical techniques
4. interpretation techniques
5. exploration ideas
6. exploration training

Timeliness
1. very satisfactory
2. satisfactory
3. unsatisfactory
4. very unsatisfactory
5. don't know/no opinion

Reliability/Scientific Quality
1. very reliable
2. reliable
3. unreliable
4. very unreliable
5. don't know/no opinion

	Frequency of Use	Your Use and Application	Timeliness	Scientific Quality/ Reliability
Formal Publications	1 2 3 4	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Open Files	1 2 3 4	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Outside Journals	1 2 3 4	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Unpublished Output	1 2 3 4	1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5	1 2 3 4 5

C-4. How well do these different forms of GSC geochemical output meet your needs? Please circle the appropriate number.

1. Excellently
2. Well
3. Acceptably
4. Marginally
5. Poorly

(a) Formal Publications 1 2 3 4 5
(b) Open Files 1 2 3 4 5
(c) Outside Publications 1 2 3 4 5
(d) Unpublished Output 1 2 3 4 5

C-5. On the basis of the existing GSC geochemical output, how do you rate productivity in the following categories? Please circle the appropriate number in the following classification.

1. Very Satisfactory
2. Satisfactory
3. Less than Satisfactory
4. Unsatisfactory
5. No Opinion

(a) GSC Formal Publications (internally refereed)	1 2 3 4 5
(b) Outside Publications (externally refereed)	1 2 3 4 5
(c) Open File Publications	1 2 3 4 5
(d) Unpublished Output	1 2 3 4 5

C-6. In what form do you use GSC geochemical output?

	Never	Infrequently	Often
(a) Printed Output	___	_____	___
(b) Microfiche	___	_____	___
(c) Computer Tapes	___	_____	___
(d) Computer Disc	___	_____	___

C-7. What is your source of published GSC geochemical output?

	Never	Infrequently	Often
(a) Company Library	___	_____	___
(b) University Library	___	_____	___
(c) Government Library	___	_____	___
(d) Public Library	___	_____	___
(e) Personal Library	___	_____	___

C-8. How often do you communicate with GSC personnel on geochemical matters?

	Never	Infrequently	Often
(a) In the field	___	_____	___
(b) In the GSC offices	___	_____	___
(c) At workshops, conferences	___	_____	___
(d) By telephone	___	_____	___
(e) By mail	___	_____	___

Note The Committee welcomes any additional comments relevant to questions C-1 through C-8.

PART D

This section solicits your opinion on (i) the appropriateness of the GSC's involvement in various geochemical activities, (ii) how relevant these activities are to your needs and (iii) how you rate the performance of the GSC's geochemically oriented subdivisions.

D-1. Please indicate how active the GSC should be in the following areas of geochemical activity by circling the appropriate numbers according to the following classifications:

1. Very active 2. Active 3. Not active 4. No opinion

Under the subheading Other Agencies, please indicate any other agencies, organizations or institutions which, in your opinion should have a major role in performing the itemized geochemical activities.

(a) Regional surveys in both the GSC core program and externally funded programs such as MDA's (Mineral Development Agreements) using:

		Other Agencies
(i) Stream Sediment Sampling	1 2 3 4	_____
(ii) Lake Sediment Sampling	1 2 3 4	_____
(iii) Glacial Drift (including till) sampling	1 2 3 4	_____
(iv) Heavy Mineral Sampling	1 2 3 4	_____
(v) Hydrogeochemistry	1 2 3 4	_____

(b) Applied research aimed at improved methods for the execution and interpretation of regional and follow-up geochemical surveys:

		Other Agencies
(i) Geochemical characterization of mineral deposits	1 2 3 4	_____
Field techniques using:		
(ii) Stream sediment sampling	1 2 3 4	_____
(iii) Lake sediment sampling	1 2 3 4	_____
(iv) Soil sampling	1 2 3 4	_____
(v) Glacial Drift (including till) sampling	1 2 3 4	_____
(vi) Hydrogeochemistry	1 2 3 4	_____
(vii) Biogeochemistry	1 2 3 4	_____
(viii) Lithogeochemistry	1 2 3 4	_____
(ix) Heavy mineral sampling	1 2 3 4	_____
(x) Gas geochemistry	1 2 3 4	_____
(xi) Analytical techniques	1 2 3 4	_____
(xii) Data handling/interpretation techniques	1 2 3 4	_____
Other (Please specify)		

(c) Other areas of geochemical research:

		Other Agencies
(i) Organic geochemistry	1 2 3 4	_____
(ii) Fluid Inclusion geochemistry	1 2 3 4	_____
(iii) Stable Isotope geochemistry	1 2 3 4	_____
(iv) Environmental geochemistry	1 2 3 4	_____

(v) Geochemical studies not concerned specifically with exploration e.g. agrogeochemistry, urban geochemistry 1 2 3 4 _____
Other (Please specify) .....

D-2. How relevant and important to you is GSC geochemical output in the following areas? Circle the appropriate number according to the following rating:

1. Very important 2. Important 3. Somewhat important
4. Not important 5. No opinion

Indicate, under Other Agencies, where (if anywhere) you could get comparable information if it was not available from the GSC.

(a) Regional surveys in both the GSC core program and externally funded programs such as MDA's (Mineral Development Agreements) using:

		Other Agencies
(i) Stream Sediment Sampling	1 2 3 4 5	_____
(ii) Lake Sediment Sampling	1 2 3 4 5	_____
(iii) Glacial Drift (including till) sampling	1 2 3 4 5	_____
(iv) Heavy Mineral Sampling	1 2 3 4 5	_____
(v) Hydrogeochemistry	1 2 3 4 5	_____

(b) Applied research aimed at improved methods for the execution and interpretation of regional and follow-up geochemical surveys:

		Other Agencies
(i) Geochemical characterization of mineral deposits	1 2 3 4 5	_____
Field techniques using:		
(ii) Stream sediment sampling	1 2 3 4 5	_____
(iii) Lake sediment sampling	1 2 3 4 5	_____
(iv) Soil sampling	1 2 3 4 5	_____
(v) Glacial Drift (including till) sampling	1 2 3 4 5	_____
(vi) Hydrogeochemistry	1 2 3 4 5	_____
(vii) Biogeochemistry	1 2 3 4 5	_____
(viii) Lithogeochemistry	1 2 3 4 5	_____
(ix) Heavy mineral sampling	1 2 3 4 5	_____
(x) Gas geochemistry	1 2 3 4 5	_____
(xi) Analytical techniques	1 2 3 4 5	_____
(xii) Data handling/interpretation techniques	1 2 3 4 5	_____
Other (Please specify)		

(c) Other areas of geochemical research:

		Other Agencies
(i) Organic geochemistry	1 2 3 4 5	_____
(ii) Fluid Inclusion geochemistry	1 2 3 4 5	_____

(iii)	Stable Isotope geochemistry	1 2 3 4 5	_____
(iv)	Environmental geochemistry	1 2 3 4 5	_____
(v)	Geochemical studies not concerned specifically with exploration e.g. agrogeochemistry, urban geochemistry	1 2 3 4 5	_____
	Other (Please specify)		

D-3. How do you rate the performance at the GSC for the following? Circle the appropriate number according to the following rating:

1. Very satisfactory 2. Satisfactory 3. Unsatisfactory
4. Very unsatisfactory 5. No opinion

(a) Regional surveys in both the GSC core program and externally funded programs such as MDA's (Mineral Development Agreements) using:

(i)	Stream Sediment Sampling	1 2 3 4 5
(ii)	Lake Sediment Sampling	1 2 3 4 5
(iii)	Glacial Drift (including till) sampling	1 2 3 4 5
(iv)	Heavy Mineral Sampling	1 2 3 4 5
(v)	Hydrogeochemistry	1 2 3 4 5

(b) Applied research aimed at improved methods for the execution and interpretation of regional and follow-up geochemical surveys:

(i)	Geochemical characterization of mineral deposits	1 2 3 4 5
	Field techniques using:	
(ii)	Stream sediment sampling	1 2 3 4 5
(iii)	Lake sediment sampling	1 2 3 4 5
(iv)	Soil sampling	1 2 3 4 5
(v)	Glacial Drift (including till) sampling	1 2 3 4 5
(vi)	Hydrogeochemistry	1 2 3 4 5
(vii)	Biogeochemistry?	1 2 3 4 5
(viii)	Lithogeochemistry	1 2 3 4 5
(ix)	Heavy mineral sampling?	1 2 3 4 5
(x)	Gas geochemistry	1 2 3 4 5
(xi)	Analytical techniques	1 2 3 4 5
(xii)	Data handling/interpretation techniques	1 2 3 4 5
	Other (Please specify)	

(c) Other areas of geochemical research:

(i)	Organic geochemistry	1 2 3 4 5
(ii)	Fluid Inclusion geochemistry	1 2 3 4 5
(iii)	Stable Isotope geochemistry	1 2 3 4 5
(iv)	Environmental geochemistry	1 2 3 4 5
(v)	Geochemical studies not concerned specifically with exploration e.g. agrogeochemistry, urban geochemistry	1 2 3 4 5
	Other (Please specify)	

D-4. With regard to new developments in exploration geochemistry over the past two decades, do you consider the output of the GSC to be: (check one)

	Yes
(a) Very significant?	____
(b) Significant?	____
(c) Not very significant?	____
(d) Insignificant?	____
(e) No opinion	____

D-5. Do you perceive exploration geochemical research conducted by the GSC to be: (check one or more)

	Yes
(a) Largely applied?	____
(b) Somewhat applied?	____
(c) Weak on fundamental studies?	____
(d) Too many fundamental studies?	____
(e) Good balance of fundamental/applied?	____
(f) Driven by practical exploration needs?	____
(g) Driven by scientific curiosity?	____
(h) No opinion	____

Note The Committee welcomes any additional comments relevant to Questions D-1 through D-5.

ADDITIONAL QUESTIONS FOR UNIVERSITY RESPONDENTS

PART E

E-1. Does your department offer classes in exploration geochemistry?

	Yes	No
(a) At the undergraduate level	___	___
(b) At the graduate level	___	___

E-2. Does your department have graduate students involved in exploration geochemical research?

Yes	No
___	___

E-3. Has any of your research in exploration geochemistry been funded by the GSC through:

	Yes	No
(a) EMR Research Agreements?	___	___
(b) DSS Contracts?	___	___
(c) Other (Please specify)		

E-4. If you have been awarded either EMR Research Agreements or DSS Contracts please answer the following:

(a) Please indicate the frequency of funding: (check one)

(i) At least once every three years	___
(ii) At least once every five years	___
(iii) Less often than (ii)	___

(b) Compared to your overall research budget would you consider the funding you have received from the GSC to be: (check one)

(i) A minor component?	___
(ii) An important component?	___
(iii) An essential component?	___

E-5. Have your research projects benefited from any of the following from the GSC?

(a) Research-related employment of student ____
(b) Help with field logistics ____
(c) Help with sample analysis ____
(d) Help with literature search ____
(e) Co-supervision of graduate students ____
Other (Please specify) .....

E-6. Do you think GSC support for the exploration geochemistry research by universities is: (check one)

(a) Very satisfactory? ____
(b) Satisfactory? ____
(c) Unsatisfactory? ____
(d) Very unsatisfactory? ____

Note The Committee welcomes any additional comments relevant to questions E-1 through E-6.

PART F

Please complete this section if you represent and/or are employed by a provincial government agency or equivalent territorial agency.

F-1. Indicate the number of geochemists, geologists and geophysicists in your organization

(a) Geochemists ____
(b) Geologists ____
(c) Geophysicists ____

F-2. Please provide an estimate of the total expenditures in your province or territory by government agencies on REGIONAL SURVEYS (i.e. surveys covering at least 1000 km^2) for the five fiscal years from 1983/84 to 1987/88, under the following categories by sample medium and agency delivering program:

	Provincial/ Territorial Delivery	GSC Delivery	Jointly Funded & Delivered
(a) Stream sediment and/or water			
(b) Lake sediment and/or water			
(c) Glacial drift (including till)			
(d) Heavy mineral concentrates (till)			
(e) Heavy mineral concentrates (stream seds)			
(f) Biogeochemistry			
(g) Groundwater geochemistry			
(h) Gas geochemistry			
(i) Lithogeochemistry			
(j) Airborne radiometric surveys			
(k) Other (Please specify)			

F-3. Do you think the delivery of regional geochemical surveys should be the primary responsibility of (check one)

(1) your agency? ____
(2) the GSC? ____
(3) equally shared? ____

F-4. Please rate the degree of joint cooperation and research on geochemical projects between geoscientists of your agency and those of the GSC in the following categories. Circle the appropriate number according to the following ratings?

1. Close cooperation (i.e. joint surveys, joint papers)
2. Some cooperation (i.e. joint planning of parallel-delivered surveys)
3. little or no cooperation
4. activity not carried out by your agency

(a)	conducting regional geochemical surveys for minerals	1 2 3 4
(b)	research into improving techniques for regional surveys	1 2 3 4
(c)	research into the interpretation of regional surveys	1 2 3 4
(d)	research into methods of integration and interpretation of geochemical and other geoscientific data	1 2 3 4
(e)	research into geochemical dispersion processes	1 2 3 4
(f)	research into the geochemistry of ore deposits	1 2 3 4
(g)	research in geochemical surveys for hydrocarbons	1 2 3 4
(h)	biogeochemical research	1 2 3 4
(i)	techniques of geochemical analysis	1 2 3 4
(j)	application of statistical analysis to geochemical data	1 2 3 4
(k)	the use of image analysis techniques for geochemical data	1 2 3 4
(l)	other (please specify)	

Note Please use the space below for any further comments about any of the topics covered in section F, or about the geochemical activities of the GSC in general.

ADDITIONAL QUESTIONS FOR GEOCHEMICAL LABORATORY RESPONDENTS

PART G

G-1. Do you consider that the development of analytical methods by the GSC has raised the general standards of geochemical analysis by Canadian laboratories? (check one)

(a) Very significantly ____
(b) Significantly ____
(c) Slightly ____
(d) Not at all ____
(e) No opinion ____

G-2. Has your organization benefited directly from the use of analytical methods developed by the GSC?

(a) Very significantly ____
(b) Significantly ____
(c) Slightly ____
(d) Not at all ____
(e) No opinion ____

G-3. When you encounter analytical problems do you find assistance from GSC personnel: (check one)

	Yes
(a) Very helpful?	____
(b) Helpful?	____
(c) Marginally helpful?	____
(d) Not helpful?	____
(e) Assistance not requested	____

G-4. If analytical methods were not developed at the GSC would you have to: (check one or two)

(a) Do more in-house development? ____
(b) Rely on other organizations or agencies? ____

G-5. If your answer to G-4 (b) was positive which organizations or agencies?

_____

_____

G-6. Are the Certified Reference Materials distributed by EMR used in your laboratory?
Yes ____ No ____

G-7. Would you like to see the availability of Certified Reference Materials:

(a) Greatly increased? ____
(b) Slightly increased? ____
(c) Remain at present level? ____

G-8. Would you approve of the GSC directing or assisting laboratories obtain access to other government initiatives, such as The Western Diversification Fund, to fund research and development on analytical methods for exploration geochemistry?

(a) Very strongly approve ____
(b) Strongly approve ____
(c) Weakly approve ____
(d) Not approve ____

G-9. Is your organization generally satisfied with GSC/DSS selection criteria and procedures for contracting out analysis of regional geochemical samples to service laboratories?

(a) Very satisfied ____
(b) Satisfied ____
(c) Dissatisfied ____
(d) Very dissatisfied ____
(e) No opinion ____

Note The Committee welcomes any additional comments relevant to questions G-1 through G-9.

CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE CANADIEN

RAPPORT DU COMITÉ CONSULTATIF DU CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE CANADIEN DES TRAVAUX DE GÉOCHIMIE APPLIQUÉE À L'EXPLORATION MINÉRALE DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

Publié pour le Conseil par la Commission géologique du Canada en tant que l'Étude 91-13

Comité consultatif
J.A. Coope (Président), M.A. Bouchard, P. Davenport, I.L. Elliott, K. Fletcher, A.H. Green

Énergie, Mines et Ressources Canada
Energy, Mines and Resources Canada
Canada

COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA
ÉTUDE 91-13

RAPPORT DU COMITÉ CONSULTATIF DU CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE CANADIEN DES TRAVAUX DE GÉOCHIMIE APPLIQUÉE À L'EXPLORATION MINÉRALE DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

Preparé par le
CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE DU CANADA

Comité consultatif

J.A. Coope (Président)
M.A. Bouchard
P. Davenport
I.L. Elliott
K. Fletcher
A.H. Green

1992

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1992

En vente au Canada par l'entremise de nos
agents libraires agréés et autres librairies

ou par la poste au

Groupe Communication Canada – Édition
Ottawa, Canada K1A 0S9

et aussi aux:

Bureaux de la Commission géologique du Canada,

601, rue Booth,
Ottawa, K1A 0E8

3303-33rd Street, N.W.,
Calgary (Alberta) T2L 2A7

100 West Pender Street,
Vancouver (C.-B.) V6B 1R8

Un exemplaire en consignation de la présente publication est également
disponible dans les bibliothèques publiques à travers le Canada.

N° de catalogue M44-91/13
ISBN 0-660-57480-2

Prix sujet à changement sans avis préalable

TABLE DES MATIÈRES

1 **Partie I**

1 Préface

1 Conclusions

3 Recommandations

6 Observations de la Commission géologique du Canada

11 **Partie II**

11 Introduction
11 Réorganisation récente
13 Le Comité consultatif et son mandat
13 Travaux du Comité consultatif

15 Le programme de géochimie à la Commission géologique du Canada
15 Objectifs et travaux des sous-divisions à la Commission géologique du Canada qui produisent des données géochimiques
16 Sous-division de la géochimie d'exploration
18 La Sous-division de la minéralogie et de la chimie
19 La Sous-division des gisements minéraux
19 La Division de la science des terrains

20 Évolution des travaux géochimiques dans les sous-divisions de la
22 chimie d'exploration et de la géologie du Quaternaire

22 Les effets des changements dans l'administration de la Sous-division de la géochimie d'exploration et les solutions proposées aux problèmes identifiés

23 La géochimie de l'environnement

26 Sondage d'opinions sur les travaux en géochimie d'exploration à la Commission géologique du Canada

38 Examen des travaux de la CGC en géochimie d'exploration
38 Recherche et méthodologie

40 Création des projets

41 Formation en géochimie d'exploration

42 Programme national de reconnaissance géochimique

43 Archivage des échantillons

44 Affermage

45 Échantillons de référence

45 Diffusion de l'information

49 La Sous-division de la minéralogie et de la chimie

51 Ordinateurs et base de données
51 Situation actuelle
52 Discussion

53 Références

Annexes

54 A. Plan opérationnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration
56 B. Atlas géochimique du Canada (recommandation pour une approche nationale)
63 C. Questionnaire

Figures

12 1a. Organigramme - Division des ressources minérales
12 1b. Organigramme - Sous-division de la géochimie d'exploration
14 1c. Organigramme - Sous-divisions des gisements minéraux
15 1d. Organigramme - Division de la science des terrains
31 2. Fréquence d'utilisation des données géochimiques
33 3. Actualité des données géochimiques de la CGC
35 4. Fiabilité et qualité scientifiques des données géochimiques
37 5. Satisfaction aux besoins des clients
39 6. Productivité évaluée d'après la production d'information géochimique à la CGC
41 7. Utilisation et application des données géochimiques de la CGC
43 8. Travaux géochimiques appropriés à la CGC
44 9. Pertinence et importance des travaux géochimiques de la CGC
45 10. Évaluation du rendement de la CGC en géochimie
46 11. Contribution de la CGC aux innovations en géochimie
47 12. Perception des recherches faites à la CGC en géochimie d'exploration
49 13. Recommandation pour une intégration de l'information en géochimie à la CGC

Tableaux

11 1. Gisements découverts au moyen de méthodes de prospection géochimique
26 2. Réponses au questionnaire
27 3. Zone géographique d'intérêt des répondants
27 4. But de l'activité géochimique
27 5. Intérêt et utilisation de la géochimie parmi la clientèle de la CGC
28 6. Personnel préposé au prélèvement d'échantillons
28 7. Sensibilisation aux travaux géochimiques de la CGC
29 8. Supports d'information les plus couramment utilisés en géochimie
29 9. Sources de données géochimiques de la CGC les plus fréquemment utilisées
29 10. Communication personnelle avec les géochimistes de la CGC
30 11. Fréquence d'utilisation des données géochimiques
32 12. Actualité des données géochimiques de la CGC
34 13. Fiabilité et qualité scientifiques des données géochimiques
36 14. Satisfaction des besoins des clients
38 15. Productivité évaluée d'après la production d'information géochimique à la CGC
40 16. Utilisation et application des données géochimiques de la CGC
42 17. Activités géochimiques appropriées à la CGC
46 18. Contribution de la CGC aux innovations en géochimie
46 19. Perception des recherches faites à la CGC en géochimie d'exploration
48 20. Question F-2. Nature et coût des levés géochimiques régionaux, par organismes (1983-1988)
49 21. Question F-4. Degré de collaboration entre les géochimistes de la CGC et leurs homologues provinciaux et territoriaux dans les levés régionaux ainsi que dans la recherche et développement sur les méthodes
49 22. Nombre d'articles publiés dans des journaux à comité de lecture durant la période de cinq ans se terminant en 1988

PARTIE I

PRÉFACE

Le programme de géochimie d'exploration au sein de la CGC a commencé en 1949 avec les travaux de R.W. Boyle dans le district minier de Yellowknife, dans les Territoires du Nord-Ouest. Le programme de recherche a rapidement acquis une réputation enviable et, avec les années, a atteint une stature internationale comme centre de recherche et de développement sur les méthodes de prospection géochimique.

Les travaux de géochimie à la CGC ont stimulé l'exploration minérale dans tout le pays, et les connaissances ainsi acquises ont apporté d'importantes contributions à la mise en valeur des ressources naturelles d'autres pays.

Suivent donc les Conclusions et les Recommandations préparées par le Comité consultatif chargé d'examiner les travaux de géochimie au sein de la CGC. Le Comité a été créé en juillet 1988 par le Conseil géoscientifique du Canada, à la demande de la CGC.

La partie II du rapport comprend un résumé des travaux du Comité et des constatations qui ont abouti aux conclusions et recommandations.

CONCLUSIONS

C1 Les scientifiques de la CGC ont apporté d'importantes contributions à la géochimie d'exploration au cours des 40 dernières années, et leurs travaux ont été reconnus à l'échelle mondiale.

C2 L'application et l'adaptation efficaces des techniques d'exploration géochimique, dans une grande variété de conditions, le développement rapide des techniques d'analyse et de l'informatique et les améliorations apportées au transport sur le terrain, ont fait de la géochimie l'une des disciplines les plus efficaces et les plus utilisées au Canada en exploration minérale.

C3 Plus de 40 mines et gisements de minéraux importants ont été découverts par l'application de méthodes de prospection géochimique au Canada depuis 1938.

C4 Les levés géochimiques régionaux et les travaux de recherche en géochimie d'exploration effectués par la CGC ont, de façon significative, stimulé l'exploration minérale partout au Canada. Grâce aux connaissances acquises, la CGC a pu contribuer à la mise en valeur des ressources naturelles d'autres pays par l'entremise de l'ACDI et d'autres programmes d'aide à l'étranger.

C5 Les données de la CGC en géochimie d'exploration minérale proviennent des divisions des ressources minérales et de la science des terrains.

C6 En 1986 et 1987, la CGC a apporté une série de changements administratifs qui ont influé sur l'administration de la géochimie d'exploration comme activité scientifique. Le personnel scientifique et technique a connu, à différents degrés, une dégradation des relations de travail et de la communication, un fléchissement du moral et d'autres sources d'anxiété. La Sous-division de la géochimie d'exploration a perdu beaucoup de son élan et on semble percevoir un désintéressement à l'égard de la recherche en géochimie appliquée au sein de la CGC.

C7 Suite à la réorganisation de 1986, le personnel et les ressources du Laboratoire de géochimie appliquée de l'ancienne Division de la géophysique et de la géochimie des ressources ont été regroupés dans la Section du développement des méthodes d'analyse de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie tout en se voyant ajouter la responsabilité d'appuyer toutes les divisions de la CGC. Chez certains membres du personnel, la satisfaction professionnelle et le rendement ont diminué.

C8 La Section des applications mathématiques en géologie n'a rien perdu de son efficacité suite à sa réorganisation au sein de la Sous-division de la géochimie d'exploration. Le groupe est en train d'intégrer avec succès ses acquis avec ceux des scientifiques d'autres sous-divisions grâce à des aptitudes d'entraide bien développées.

C9 Les géochimistes qui se sont joints à la Sous-division de la géochimie d'exploration, soit pendant les réorganisations ou immédiatement après, n'ont pas été perturbés de façon significative et travaillent avec efficacité, habituellement en coordination étroite avec des scientifiques d'autres sous-divisions.

C10 Le Comité est d'avis qu'en dépit des réactions généralement favorables des clients à l'égard des travaux et des rendements fournis par le passé, les problèmes internes de gestion, d'organisation et de moral sont tels que les activités en géochimie d'exploration, à la CGC, en sont à une croisée des chemins critique.

C11 Environ 52 % du budget de 3 300 000 dollars de la Sous-division de la géochimie d'exploration et 42 % du budget de 3 348 000 dollars de la Sous-division de la géologie du Quaternaire ont été attribués en vertu d'ententes sur l'exploitation minérale et d'autres programmes mettant en cause les provinces, au cours de l'année financière 1988-1989.

C12 Les différences de conceptions scientifiques en ce qui regarde l'exploration géochimique régionale entre les sous-divisions de la géologie du Quaternaire et de la géochimie d'exploration se sont perpétuées jusqu'à ce jour et, sauf quelques exceptions, ont résulté en des attitudes de concurrence plus négatives que positives entre les scientifiques et les administrateurs des deux groupes. Ces différences ont, sans aucun doute, été

accentuées par la rivalité qui s'est jouée pour obtenir les fonds additionnels disponibles par l'entremise des ententes sur l'exploitation minérale.

C13 Les indices cibles et les stratégies d'échantillonnage qui conviennent le mieux pour résoudre la question de la provenance des dépôts quaternaires diffèrent de façon significative, dans la majorité des situations, des stratégies d'échantillonnage et des associations minérales qui sont nécessaires pour procéder à une exploration minérale efficace dans les mêmes terrains. Par conséquent, essayer d'atteindre ces deux objectifs par l'application du même programme de reconnaissance en compromet l'efficacité.

C14 Au sein de la Sous-division de la géochimie d'exploration (et, de façon plus générale, au sein de la Division des ressources minérales) le soutien technique est dangereusement bas et on a l'impression qu'il existe un plafonnement à l'avancement à cause des limites imposées actuellement au nombre de chercheurs scientifiques d'expérience.

C15 Le haut pourcentage (63,2 %) de réponses que l'on a obtenu à la suite d'une enquête faite au moyen d'un questionnaire reflète l'inquiétude et l'intérêt que portent les organismes clients aux travaux de la CGC en géochimie.

C16 Le but principal des travaux d'exploration géochimique, pour tous les groupes recensés, est la découverte de nouveaux gisements minéraux.

C17 Les techniques géochimiques les plus communément utilisées par les clients de la CGC sont les méthodes lithogéochimiques, l'échantillonnage des sols, l'échantillonnage des minéraux lourds et du drift (y compris les tills) et l'échantillonnage régional des cours d'eau.

C18 Quoique moins souvent utilisés, d'autres matériaux suscitent un réel intérêt chez certains groupes, mais ils exigent une collecte, une analyse et une interprétation des données plus élaborées. La CGC a un rôle bien évident qui consiste non seulement à interpréter les méthodes géochimiques courantes mais aussi à évaluer les nouvelles idées et les nouvelles techniques.

C19 Il existe une méconnaissance significative des activités de la CGC en géochimie d'exploration au sein de la clientèle.

C20 L'imprimé est de loin le support d'information le plus favorisé et le plus utilisé par la clientèle des données d'exploration géochimique. Les publications officielles, les journaux externes et les dossiers publics sont, dans l'ensemble, les sources d'information géochimique les plus souvent consultées à la CGC. L'information sur microfiches ou sur bandes magnétiques est rarement utilisée. Le Comité note une augmentation de la popularité et de l'utilisation de la disquette d'ordinateur pour le transfert de données.

C21 Les communications les plus fréquentes entre la clientèle et les géochimistes de la CGC ont lieu au cours d'ateliers et de conférences ou encore par téléphone.

C22 Les utilisateurs évaluent comme très bonnes la fiabilité et la qualité scientifique des données publiées par la CGC en géochimie d'exploration et les besoins des clients sont satisfaits dans une mesure qui varie d'acceptable à bonne.

C23 Les données géochimiques semblent être publiées suffisamment à temps, mais une minorité très active de clients pense que cet aspect pourrait être amélioré.

C24 Il existe un appui important dans les secteurs industriels et universitaires aux travaux qu'effectue la CGC en géochimie. Les levés d'exploration régionaux et le Programme national de reconnaissance géochimique sont fortement appuyés.

C25 Les disciplines que l'on considère comme appropriées aux recherches que peut faire la CGC en géochimie comprennent la lithogéochimie et la recherche en gîtologie, la biogéochimie, le développement de méthodes analytiques ainsi que les techniques de gestion et d'interprétation des données. Les activités les moins favorisées sont celles qui n'ont aucun rapport avec l'exploration minérale.

C26 La recherche géochimique sur les matériaux d'échantillonnage utilisés dans les levés régionaux, qui a pour but d'améliorer la méthodologie et les procédures d'interprétation, est considérée par les répondants de l'industrie et du gouvernement comme un domaine très approprié où pourrait se faire la recherche à la CGC. Ce résultat contraste nettement avec les réponses données il y a une dizaine d'années lors d'un sondage sur le Programme de reconnaissance de l'uranium.

C27 De façon générale, les travaux de la CGC en géochimie répondent bien aux besoins de la clientèle. Dans les réponses au questionnaire, on n'a pas identifié de façon évidente de domaines d'activités déficients ou non appropriés compte tenu des pratiques géochimiques courantes des groupes recensés. Le Comité consultatif a cependant identifié la lithogéochimie, la géochimie gazeuse et l'électrogéochimie comme des domaines négligés par la CGC.

C28 Les milieux universitaires et gouvernementaux ont exprimé un haut degré de satisfaction à l'égard des travaux de la CGC en géochimie des gisements minéraux quoique ceux de l'industrie se soient montrés moins satisfaits.

C29 Les gouvernements provinciaux au Canada, collectivement, ont de grandes capacités en géochimie mais, pris individuellement, aucun n'arrive à égaler les ressources de la CGC en ce qui concerne le nombre et la diversité des géochimistes.

C30 Dans la plupart des provinces et des territoires (6 sur 11), les géochimistes favorisent des levés géochimiques régionaux fédéraux-provinciaux. Quatre

provinces préfèrent que cela demeure une entreprise provinciale. Deux tiers des provinces et des territoires indiquent qu'il y a un degré significatif de collaboration avec les géochimistes de la CGC dans l'organisation de levés géochimiques régionaux.

C31 Les plus grands avantages qu'offrirait la CGC aux universités et aux étudiants d'université seraient l'aide à la recherche documentaire, les possibilités d'emplois, le soutien logistique sur le terrain et la disponibilité de surveillants de projets de recherche.

C32 Les relations entre les laboratoires commerciaux et la CGC sont surtout le fait de l'affermage intensif de services d'analyse et de l'aide au développement de techniques d'analyse. Le groupe des laboratoires ne croit pas que le développement de méthodes d'analyse à la CGC ait contribué a améliorer le niveau général de l'analyse géochimique au Canada.

Cependant, l'étude sur les publications faite par le Comité indique que plusieurs contributions importantes ont été apportées par des scientifiques de la CGC au développement et à la compréhension des procédures d'analyse géochimique.

C33 Tout en tenant compte de la réaction de la clientèle, le Comité consultatif estime possible d'augmenter de façon significative l'ensemble des travaux en géochimie d'exploration effectués à la CGC, par une meilleure intégration du personnel et des ressources, en apportant des changements dans la gestion, l'organisation et les attitudes au sein des divisions et sous-divisions en cause.

C34 Les scientifiques et la direction de la CGC sont presque unanimes à penser que l'étude des problèmes environnementaux par le moyen de la géochimie, à la CGC, est désirable. La plupart des répondants appuient cette démarche, mais on admet que ce domaine n'est que d'un intérêt et d'une importance modérés pour les groupes consultés.

C35 Souvent, les stratégies d'analyse et d'échantillonnage couramment employées par la CGC au cours de levés régionaux de routine ne répondent pas aux besoins ni aux intérêts des scientifiques de l'environnement. Des modifications arbitraires aux procédures d'exploration minérale pour accommoder les scientifiques de l'environnement conduiront à des compromis qui mineront la qualité et l'utilité des données, tant dans les évaluations environnementales qu'en exploration minérale.

C36 Les données de la CGC, en particulier les données géochimiques, constituent une ressource importante; pour que leur utilité soit maximale, elles doivent être facilement accessibles sous forme numérique, pour utilisation générale. Restreindre le flot de cette information pour d'autres raisons que d'assurer sa qualité et son intégrité peut nuire à son efficacité globale. La mise en place d'un système informatique destiné à faciliter l'utilisation de ces données est un investissement qui s'impose dans n'importe quel programme géochimique. La CGC manque de stratégie cohérente en ce qui regarde l'entrée, le contrôle de la qualité, le stockage et la sortie des données géochimiques.

C37 Le système d'information géographique SPANS, mis de l'avant par la Section des applications mathématiques en géologie, est une application valable qui peut être adaptée aux données spatiales. Le système a nettement contribué à accroître l'utilisation et à améliorer l'interprétation des données géochimiques régionales.

C38 Une plus grande utilisation des systèmes d'information géographique nécessitera l'intégration de tous les systèmes de bases de données géoscientifiques de la CGC.

RECOMMANDATIONS

R1 Le Comité consultatif recommande fortement que la CGC réaffirme le rôle important qu'elle joue dans le soutien d'un programme vigoureux et actif de recherche et développement sur les concepts, les technologies et les méthodes de géochimie d'exploration; ce programme est orienté vers l'expansion de la base de données canadiennes en géochimie, qui est mise au service de l'industrie de l'exploration minérale et qui aide le gouvernement dans ses études sur les ressources et l'environnement.

R2 Le Comité consultatif recommande que les activités qui touchent spécifiquement le développement de concepts, de technologies et de méthodologies d'exploration minérale soient placées sous la responsabilité de la Division des ressources minérales de la CGC, et toutes les activités qui relèvent de la géochimie d'exploration, sous la responsabilité de la Sous-division de la géochimie d'exploration.

R3 À l'avenir, les programmes géochimiques de la Sous-division de la géologie du Quaternaire de la Division de la science des terrains et de la Sous-division de la géochimie d'exploration de la Division des ressources minérales doivent être évalués de façon critique en fonction des priorités des sous-divisions et des divisions. Le personnel expérimenté dans la détermination de l'origine et de la genèse des dépôts du Quaternaire, et dans l'application de ces connaissances à l'exploration géochimique, doit être transféré à la Sous-division de la géochimie d'exploration.

R4 La Sous-division de la géochimie d'exploration doit exploiter au maximum les possibilités offertes par les réorganisations de la CGC pour revitaliser l'ensemble du programme d'exploration géochimique dans le cadre général d'un programme national de cartographie à long terme; elle doit aussi, par un engagement intégré dans l'étude des problèmes de l'exploration, faire progresser la science et la technologie de l'exploration à l'appui de l'industrie des minéraux.

R5 Les problèmes spécifiques de gestion dont il faudra s'occuper à court terme sont les proportions défavorables entre le personnel de soutien technique et les chercheurs scientifiques, de même que la perception d'un plafonnement à l'avancement dû aux limites imposées quant au nombre de chercheurs scientifiques d'expérience.

R6 La CGC doit continuer à gérer activement et résolument des projets et des ressources, au lieu de se contenter de superviser passivement des études entreprises par les scientifiques. Les travaux de prospection géochimique sont influencés de façon significative par les initiatives et les intérêts particuliers des géoscientifiques, et le Comité insiste sur l'importance d'une gestion qui, tout en encourageant les initiatives venant du bas, donne une orientation déterminée à la recherche géochimique.

R7 Le Comité recommande que la direction de la CGC encourage la recherche interdisciplinaire parmi les géoscientifiques, en les invitant à soumettre des projets de recherches conjoints ou en collaboration et en se partageant les fonds alloués à des programmes intégrés soigneusement élaborés.

R8 En outre, la CGC devrait se garder d'investir une partie indue des rares ressources disponibles dans des domaines de la recherche fondamentale qui ne peuvent servir à court terme à la mise en valeur des ressources minérales du Canada. Ce type de recherches devrait se pratiquer dans les universités, quitte à ce que la CGC y apporte son soutien et participe à la surveillance des études.

R9 Pour compenser la pénurie critique à la fois de géochimistes et de géologues spécialisés dans l'exploration et connaissant la géochimie d'exploration, la CGC doit promouvoir des programmes et des initiatives de diffusion et de présentation de données qui peuvent être immédiatement utilisées en tant qu'étude de cas et du matériel didactique servant à la formation en méthodologie géochimique.

R10 La CGC doit continuer à encourager la présentation des résultats de la recherche géochimique à des réunions régionales en mettant l'accent soit sur un sujet, soit sur une région. Cela accroîtrait aussi les possibilités de contacts personnels subséquents dans le domaine.

R11 Compte tenu des régions géographiques en cause et, dans bien des cas, des différences entre les stratégies d'échantillonnage et d'analyse destinées aux levés environnementaux et les procédures et programmes d'exploration géochimique qui sont déjà existants, le Comité ne recommande pas que la CGC devienne promoteur des travaux géochimiques rattachés aux questions environnementales, puisqu'elle se trouverait ainsi à priver de ressources considérables les programmes importants et bien établis, dont le but est de fournir des données pertinentes pour l'exploration minérale et l'évaluation des ressources.

R12 Le Comité recommande que la CGC mette sur pied un groupe de travail comportant des représentants de la CGC, de l'Environnement et de Santé et Bien-être ainsi que d'autres agents du gouvernement et du secteur privé, et qui aurait pour tâches :

a) d'évaluer la taille et le but des bases de données géochimiques courantes résultant des programmes de la CGC ainsi que d'autres programmes;

b) d'évaluer les bases de données géochimiques existantes pour les groupes de scientifiques qui s'occupent d'environnement;

c) d'étudier comment les protocoles d'échantillonnage et d'analyse en géochimie d'exploration pourraient être modifiés pour fournir des données utiles concernant l'environnement sans compromettre d'aucune façon la qualité et la quantité des résultats et les ressources requises pour maintenir et continuellement améliorer la contribution de la CGC à l'industrie de l'exploration minérale par des travaux de recherche et de cartographie géochimiques.

R13 Le Comité propose, en se fondant sur ses observations de la recherche géochimique dans le monde, que le groupe de travail étudie et recommande une approche à deux volets concernant la cartographie géochimique au Canada, de façon à y inclure un levé national à très faible densité et multidisciplinaire qui pourrait fournir une vue rapide et à facettes multiples du paysage géochimique. Ce levé national offrirait une base de données géochimiques régionales fondamentales dont on pourrait se servir, par la suite, pour procéder à des levés orientés plus particulièrement vers l'environnement et les ressources minérales.

R14 Le Comité fait observer que tout programme environnemental établi par le gouvernement fédéral est destiné à devenir très visible politiquement et publiquement, et son efficacité sera fonction d'un engagement à long terme, de l'augmentation du budget alloué à l'équipement et aux installations et d'un personnel hautement qualifié et dévoué à la cause d'un programme global.

R15 La CGC doit continuer à appuyer dans la même mesure son programme établi de recherches et de développement de méthodologies en géochimie d'exploration, mais devrait donner de l'expansion aux programmes en lithogéochimie, en géochimie gazeuse et en électrogéochimie, ou en créer s'il n'existe pas, afin de répondre aux besoins de ses clients et étudier de façon plus globale les méthodes applicables dans les régions portant une épaisse couverture de matériaux de transport.

R16 Le Comité est fortement en faveur de la poursuite du Programme national de reconnaissance géochimique et recommande vivement que des fonds de base A soient consacrés à la recherche sur les aspects de la base de données du PNRG qui pourraient mener à une meilleure compréhension des phénomènes

géochimiques superficiels et au développement de meilleures méthodologies, afin d'assurer l'efficacité de l'exploration minérale et des levés régionaux.

R17 Le Comité recommande qu'une aide soit consentie au maintien des archives d'échantillons géochimiques accumulés au cours des travaux de reconnaissance géochimique, et que ces archives soient considérées comme des ressources nationales précieuses.

R18 Le Comité recommande de continuer à affermer les analyses de routine qui consistent à déterminer la teneur en éléments traces des matériaux géochimiques, tout en maintenant un contrôle de la qualité propre à assurer l'uniformité et la fiabilité à long terme de la base de données qui en résulte. Les affermages doivent-être bien contrôlés par Approvisionnement et Services afin de minimiser l'insatisfaction des laboratoires commerciaux d'analyses géochimiques.

R19 La CGC doit faire tout son possible pour accélérer l'envoi des échantillons de référence aux sociétés canadiennes qui s'occupent d'analyses.

R20 Le Comité recommande que la direction de la CGC continue à évaluer l'efficacité de ses relations publiques et cherche des moyens économiques de renseigner davantage le grand public en général et l'industrie des minéraux en particulier sur ses réalisations en géochimie.

R21 La productivité individuelle affiche apparemment une grande disparité si on la mesure au nombre de publications ou d'articles produits par année. La moyenne annuelle, par exemple, d'études publiées par les spécialistes de la géochimie d'exploration dans les journaux scientifiques est inférieure à deux. Le Comité recommande que la fréquence et l'actualité des publications deviennent des critères importants pour décider du financement de la recherche effectuée par les scientifiques de la CGC.

R22 Le Comité recommande que le Laboratoire de chimie analytique soit responsable de la préparation des échantillons avant l'analyse chimique et que la Section du développement des méthodes d'analyse étende ses responsabilités au développement de techniques de préparation des échantillons nouvelles et améliorées, applicables aux problèmes d'analyse liés spécifiquement à l'exploration.

R23 On doit améliorer le contrôle de la qualité en adjoignant aux procédures établies du Laboratoire de chimie analytique une plus grande utilisation des échantillons de référence et l'inclusion de doubles prélevés sur le terrain, choisis et apportés par des géologues et des géochimistes de la CGC.

R24 Le Comité consultatif donne son appui à la recommandation 4.3.2.2.3 du Comité Naldrett, que l'on établisse les coûts de l'analyse interne de façon réaliste et qu'ils soient imputés aux budgets individuels des projets.

Il faut aussi étudier avec soin la possibilité d'établir un système interne pour le recouvrement d'une partie des coûts de développement dans le secteur de l'analyse.

R25 Pour éviter toute attente irréaliste de la part des géologues qui font de la recherche, et accorder suffisamment de temps au processus de développement, un comité interne de liaison en analyse, en conjonction avec le Comité des priorités en analyse, doit évaluer les engagements probables requis pour mener à terme toute entreprise de développement.

R26 Il est essentiel que les budgets de fonctionnement de la CGC comportent un montant réaliste pour couvrir les coûts d'entretien de l'équipement du laboratoire d'analyse, et, chaque fois que c'est possible et indiqué, des contrats d'entretien doivent être établis avec les fabricants d'instruments.

R27 Afin de maintenir à un niveau élevé la qualité des analyses et le développement des méthodes, et d'accroître encore la productivité, la CGC doit tirer partie de tous les progrès réalisés dans la technologie de l'analyse et maintenir ses laboratoires à la fine pointe de la technologie. Un financement inadéquat, au début des années 80, a entraîné une sérieuse détérioration des normes d'analyse et, pour éviter que cela ne se reproduise, il faut établir un budget d'équipement réaliste.

R28 Les travaux d'analyse de routine à la Section du développement des méthodes d'analyse doivent être réduits à leur plus simple expression, par un transfert plus rapide des nouvelles procédures ou des procédures établies au Laboratoire de chimie analytique ou aux laboratoires commerciaux.

R29 Le Comité n'est pas convaincu que des études géochimiques portant sur les processus et nécessitant un laboratoire isotopique et des locaux dépoussiérés soient suffisamment prioritaires dans la recherche sur les gisements minéraux à la CGC pour justifier la dépense qu'entraînerait la rénovation ou la construction de laboratoires. Les scientifiques de la CGC qui ont à exécuter des analyses d'eau et des analyses isotopiques importantes doivent établir une coordination étroite et prendre les dispositions nécessaires avec des laboratoires bien établis et de bonne réputation qui sont en mesure d'analyser avec rapidité et précision les échantillons soumis par la CGC.

R30 La CGC doit s'orienter rapidement et résolument, mais avec prudence, vers la diffusion de ses données géochimiques sur support électronique.

R31 Le Comité fait observer que les géochimistes de la CGC doivent chercher à tirer tous les avantages possibles de la révolution informatique pour faciliter la communication au sein de la CGC et avec les clients utilisateurs.

R32 Quoique l'adaptation du système d'information géographique SPANS ait été un succès dans la présentation des données géochimiques, la CGC doit, en temps opportun, procéder à l'évaluation d'autres systèmes d'information géographique afin d'assurer une présentation et une interprétation efficaces des données géochimiques et en même temps faciliter l'utilisation des SIG par les clients de la CGC.

R33 Pour la manipulation des données géochimiques de la CGC, le Comité recommande l'établissement d'une structure informatique avec stockage central et capacité d'intégration de l'information.

R34 La CGC doit amorcer dès à présent un processus de planification, afin que les collections disponibles de données géophysiques, géologiques, géochimiques et autres soient intégrées à des ensembles de données géographiques.

OBSERVATIONS PORTANT SUR LE RAPPORT SUR LA GÉOCHIMIE APPLIQUÉE À L'EXPLORATION MINÉRALE RÉALISÉ PAR LE COMITÉ CONSULTATIF DU CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE CANADIEN POUR LE COMPTE DE LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

Introduction

Le rapport du Comité consultatif sur les travaux en géochimie d'exploration minérale à la CGC s'inscrit dans un processus d'évaluation officiel au ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Le rapport a été demandé par le sous-ministre adjoint de la Commission géologique du Canada en juillet 1988. Le but est de contribuer à satisfaire aux exigences ministérielles en évaluation de programme et d'aider le Secteur à assumer ses responsabilités à titre d'organisme de recherche qui dessert des clients répartis entre l'industrie des minéraux, d'autres organismes fédéraux et provinciaux et la communauté géoscientifique des universités et d'ailleurs.

Au moment où cette étude a été demandée au Conseil, il y avait un certain nombre de questions concernant les travaux en géochimie d'exploration à la CGC qui exigeaient d'être examinés par le moyen d'une revue indépendante faite par des pairs. En partie, quelques-unes de ces questions découlaient des résultats d'une étude antérieure du Conseil de recherches en gîtologie à la CGC (CGC, Étude 85-6, partie II). Trois questions préoccupaient particulièrement la direction de la CGC. Les voici, non nécessairement par ordre d'importance :

1. Selon l'opinion du client, y a-t-il un équilibre approprié entre les levés géochimiques et la recherche géochimique (par ex. la géochimie des procédés) à la CGC?

2. Est-ce que l'organisation et la répartition des travaux en géochimie d'exploration sont adéquats au sein de la CGC?

3. Le Programme national de reconnaissance géochimique est-il vu généralement de façon positive par les clients ou pourrait-on apporter des changements dans la structure et dans l'exécution du programme qui amélioreraient son utilité pour la communauté de l'industrie des minéraux?

Le rapport du Comité consultatif répond à ces trois questions et à plusieurs autres, naturellement. Quant au sujet de l'équilibre (question 1), le rapport, de façon générale, est positif, quoiqu'il fasse certaines recommandations qui servent à accroître l'élément recherche mais pas nécessairement au détriment des activités de levés. A la question 2, le Comité fait des recommandations concernant le transfert des travaux géochimiques reliés à la prospection du drift, de la Division de la science des terrains à la Division des ressources minérales. Ces recommandations sont généralement litigieuses au sein de la CGC et leur application doit être soigneusement évaluée par la direction de la CGC. Au sujet du PNRG (Programme national de reconnaissance géochimique), le Comité l'appuie fortement mais recommande de lui adjoindre comme composante un levé à faible densité d'échantillonnage. Ce levé à faible densité fait l'objet de beaucoup de discussions dans la communauté des géochimistes en ce moment et en réponse à cette recommandation, la CGC s'y engagera avec circonspection jusqu'à ce que son utilité ait été démontrée en terrain canadien. On planifie le lancement d'un projet pilote pour évaluer le besoin d'effectuer un levé à faible densité.

Une quatrième question importante a commencé à pointer au moment où le Comité faisait son étude. Il s'agit de la géochimie de l'environnement et de la proportion des efforts, dans ce domaine relativement nouveau, que l'on pourrait consacrer concurremment aux travaux plus connus de la géochimie orientée vers l'exploration. Au début, le Comité était généralement d'avis que la CGC devait procéder avec précaution dans ce domaine à cause du danger qu'il y avait de diluer, par des transferts au profit de la géochimie de l'environnement, les ressources disponibles pour la géochimie d'exploration. Les vues de la CGC en ce domaine sont ambiguës; elle présume qu'à cause de la haute visibilité politique et sociale des questions environnementales, les travaux en géologie de l'environnement prendront une place importante en géochimie à la CGC dans l'avenir. Au cours des deux années durant lesquelles le Comité a poursuivi ses enquêtes, la CGC a commencé de s'occuper sérieusement de géochimie de l'environnement sur un certain nombre de fronts, y compris par la participation à des projets internationaux avec d'autres organismes nationaux.

La partie suivante présente la discussion des 34 recommandations du Comité. La CGC est essentiellement d'accord avec la majeure partie de ces recommandations et, en fait, peut déjà les avoir mises en oeuvre ou avoir commencé à le faire.

Discussion des recommandations

Recommandation 1 :

La CGC est parfaitement consciente du rôle que la géochimie a joué dans l'exploration minérale au Canada et des contributions significatives que le personnel a apportées à cette discipline depuis 40 ans. De plus, la CGC a l'intention de maintenir sa position à l'avant-garde de la recherche géochimique au Canada et de continuer à contribuer à l'expansion de la base nationale de données géochimiques.

Recommandations 2 et 3 :

Pour la CGC, il s'agit là des deux recommandations les plus litigieuses du rapport. Au coeur du problème se trouve la très vieille structure administrative à la CGC qui a séparé les travaux géochimiques associés aux eaux, aux sols, aux sédiments fluviaux et aux sédiments lacustres (Sous-division de la géochimie d'exploration, Division des ressources minérales) de la géochimie de la prospection du drift associée à la géologie du Quaternaire et aux activités d'échantillonnage des tills (Division de la science des terrains). Pour des raisons historiques aussi bien que techniques, il y a beaucoup de logique dans cette répartition, en particulier à cause de la nécessité qui existe de fermement relier les interprétations de la géologie des formations en surface et la compétence de la Division de la science des terrains aux aspects géochimiques des travaux de prospection du drift. D'autres facteurs viennent compliquer cette question, y compris l'élaboration, à la CGC, d'une base de données géochimiques intégrée qui peut accepter, dans un format compatible, les données géochimiques produites dans les deux divisions. Le Comité observe également que la nouvelle structure de programme maintenant en place à la CGC facilite la mise sur pied de projets interdivisionnaires et interdisciplinaires. Cela peut être une solution de rechange au transfert pur et simple de personnel et de compétence de la Division de la science des terrains à la Division des ressources minérales comme le Comité le recommande. Pour le moment, un groupe de travail réunissant du personnel des deux divisions étudiera ces sujets et les questions connexes, mais toute décision sur des changements administratifs en réponse aux recommandations du Comité sera retardée.

Recommandation 4 :

La CGC est entièrement d'accord et a déjà mis sur pied EXTECH, qui est un projet multidisciplinaire intégré dont le but est d'améliorer les concepts et les technologies applicables à la recherche de gisements de sulfures massifs d'origine volcanique. La géochimie d'exploration et la prospection du drift en sont les éléments clés. De fait, le chef de projet est un spécialiste de la géochimie d'exploration. Les premiers résultats de ce projet sont très prometteurs et l'on espère qu'il servira de prototype à d'autres entreprises en science et en technologie de l'exploration.

Recommandation 5 :

La direction de la CGC partage les inquiétudes du Comité en ce qui concerne le rapport chercheurs scientifiques/personnel de soutien technique et les possibilités d'avancement des chercheurs scientifiques. Malheureusement, ces deux problèmes prendront un certain temps à se résorber. En ce qui regarde le rapport chercheurs scientifiques/personnel de soutien, il est important de comprendre que le nombre d'années-personnes alloué à la Division des ressources minérales a diminué de 15 % au cours des 3 dernières années, ce qui signifie peu de possibilités d'embauche de nouveau personnel. Il faut noter cependant que tout le nouveau personnel embauché par la Sous-division de la géochimie d'exploration depuis les visites des membres du Comité se retrouve dans la catégorie technique et celle des professionnels débutants.

Le système de contingentement qui restreint les promotions des chercheurs scientifiques s'applique dans l'ensemble de la Fonction publique et n'est pas sujet à modification unilatérale par la CGC ni par le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources. Le système est cependant en révision et des améliorations pourraient être annoncées.

Recommandation 6 :

La CGC continuera à exercer une gestion active et résolue des projets scientifiques.

Recommandation 7 :

Deux grands projets intégrés dans lesquels on emploie des spécialistes de la géochimie d'exploration ont été entrepris depuis les visites des membres du Comité. Il s'agit du projet EXTECH déjà mentionné et d'une initiative en géochimie environnementale. Les deux projets ont produit des premiers résultats encourageants et donneront probablement naissance à d'autres efforts de recherche interdisciplinaire.

Recommandation 8 :

La direction de la CGC convient qu'une «quantité indue» de ressources ne doit pas être détournée de la recherche fondamentale. Toutefois, le Comité n'a pu établir clairement quelle serait la quantité «appropriée», ni quelle partie de la recherche en géochimie d'exploration qui se fait actuellement pourrait être qualifiée de recherche fondamentale.

Recommandation 9 :

La CGC a déjà pris des mesures pour rendre sa compétence en géochimie d'exploration plus accessible à ses clients. Le personnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration a participé à des ateliers de travail en 1990 et présenté un cours d'une journée à la réunion de 1991 de l'Association des prospecteurs et développeurs. Le personnel de la Division de la science des terrains a aussi participé à deux de ces ateliers. Un autre atelier en biogéochimie d'exploration est prévu pour 1992.

Recommandation 10 :

Les résultats de la recherche et des levés géochimiques sont régulièrement présentés en exposition libre dans chaque province et territoire où ces travaux sont exécutés. La haute direction de la CGC attache une très grande importance à cette forme de communication avec les clients.

Recommandation 11 :

Cette recommandation, comme elle est formulée, semblerait en contradiction avec les deux autres qui suivent. La direction, toutefois, croit fermement que la CGC a un rôle important à jouer dans l'apport de quelques-unes des connaissances essentielles à la solution des problèmes environnementaux du Canada. Il est évident que la compétence et les données géochimiques joueront un rôle primordial et, à cette fin, un projet en géochimie de l'environnement a été entrepris sous la responsabilité de la Sous-division de la géochimie d'exploration. La CGC, cependant, fera tous les efforts possibles pour concilier les exigences quelquefois contradictoires entre la géochimie d'exploration et la géochimie de l'environnement, sans compromettre ni l'une ni l'autre.

Recommandation 12 :

Quoiqu'un groupe de travail officiel n'ait pas été formé, des discussions nombreuses et répétées ont eu lieu avec des agents des ministères de la Santé et de l'Environnement, à la fois aux niveaux fédéral et provincial, pour informer ces organismes de l'existence et de l'envergure de la base de données géochimiques et explorer des secteurs possibles de coopération. Plusieurs études en collaboration ont déjà été entreprises. De plus, d'autres études en géochimie de l'environnement, en collaboration avec d'autres organismes nationaux, sont en discussion (par exemple avec la British Geological Survey et la Commission géologique de Prague).

Recommandation 13 :

La CGC est au courant des progrès internationaux dans les levés géochimiques à très faible densité et va évaluer la possibilité d'utiliser cette approche au Canada. S'il arrivait, cependant, que ces levés fussent jugés possibles et désirables, il est peu probable que la CGC puisse appuyer financièrement un programme national dans un proche avenir. Un scénario plus plausible serait la mise sur pied d'un ou de quelques projets pilotes, peut-être en collaboration avec les organismes provinciaux.

Recommandation 14 :

L'énoncé n'est pas tant une recommandation qu'une observation. De toute façon, il est sûr que toute augmentation significative des activités en géochimie de l'environnement, au-delà de ce qui se fait actuellement, exigera à la fois du financement neuf et plus de compétence.

Recommandation 15 :

La CGC maintiendra ses travaux de recherche en géochimie, en biogéochimie et en lithogéochimie et, quand ce sera possible, leur donnera de l'expansion. Dans la période courante de restriction, il est peu probable qu'elle puisse se lancer dans des programmes importants de recherche interne dans de «nouvelles» sous-disciplines comme l'électrogéochimie et la géochimie gazeuse étant donné que chacune exigerait, non seulement de nouveaux fonds d'exploitation, mais aussi du personnel nouveau, à la fois chez les chercheurs et le soutien. La CGC, cependant, tirera avantage des possibilités de collaboration comme le démontre sa participation actuelle aux travaux d'un consortium industriel qui évalue des méthodes électrogéochimiques.

Recommandations 16 et 17 :

La CGC s'est engagée à maintenir et, si possible, à renforcer le Programme national de reconnaissance géochimique. A court et moyen terme, les nouveaux levés seront financés presque exclusivement par des sources externes comme les ententes sur l'exploitation minérale, tandis que les fonds alloués aux composantes du PNRG à même le budget de base A seront investis en priorité dans l'élaboration de bases de données numériques (déjà entreprise), la conservation et la réanalyse des échantillons archivés, la recherche en méthodologie et l'interprétation. La CGC maintiendra son appui en faveur des archives du Programme national de reconnaissance géochimique.

Recommandation 18 :

Les analyses de routine qui visent à déterminer la teneur en éléments traces sont déjà presque entièrement affermées à des laboratoires commerciaux. On utilise des procédures sévères de contrôle de la qualité pour contrôler à la fois la précision et la fiabilité des analyses faites pour le PNRG. Nous sommes assurés que les résultats sont uniformes depuis les 20 ans que dure ce programme. Les procédures de contrôle de la qualité n'ont pas toujours été aussi systématiques pour certains autres groupes de données, mais des mesures sont prises actuellement pour combler les lacunes. En ce qui regarde les procédures d'affermage, il faut comprendre que les objectifs énumérés dans le rapport (p.--) sont revus avec Approvisionnement et Services de façon continue et que des critères d'évaluation détaillés sont établis pour chaque contrat.

Recommandation 19 :

Cette recommandation est en voie d'application. Ainsi, la CGC a commencé à mettre en vente, par l'entremise de CANMET, en 1990 des échantillons de référence de sédiments fluviaux et lacustres. Des normes relatives à l'échantillonnage des sols et des tills sont présentement adoptées et elles seront diffusées d'ici deux ans.

Recommandation 20 :

La CGC cherche à faire connaître ses travaux géochimiques parmi ses clients i) en organisant un Colloque biennal sur les minéraux qui comporte une composante géochimique assez importante, ii) en parrainant une série d'ateliers et de cours succincts en géochimie et iii) en participant de façon plus active aux réunions nationales et régionales et aux expositions libres. De plus, la CGC a récemment commencé à faire de la publicité par l'entremise d'une brochure sur la disponibilité des données numériques du PNRG.

Recommandation 21 :

La fréquence et l'actualité des publications sont déjà des critères importants pour l'approbation des projets et les décisions de financement. Cependant, nous n'acceptons pas le fondement sur lequel la recommandation repose, c'est-à-dire qu'en moyenne, les géochimistes de la CGC produisent moins d'articles dans les publications scientifiques que ce que l'on considère être la norme dans les facultés universitaires. D'abord, dans le cas de plusieurs projets de la CGC, les diverses publications de la CGC semblent plus appropriées que les journaux scientifiques, de sorte que toute évaluation de productivité doit tenir compte des textes parus dans ces médias. Ensuite la compilation faite par le Comité englobe apparemment des personnes qui ne faisaient pas partie de la catégorie des chercheurs scientifiques et qui ne doivent pas être comparées à des membres de facultés universitaires. En fait, les 13 chercheurs scientifiques qui faisaient de la géochimie d'exploration avaient une productivité moyenne annuelle de 3,75 publications, dont 2,3 dans des journaux scientifiques pour la période de 1984 à 1988.

Recommandation 22 :

La première partie de cette recommandation est difficile à accepter pour trois raisons. Premièrement, ce serait placer une surcharge déraisonnable sur les épaules du surveillant du Laboratoire de chimie analytique. Deuxièmement, l'activité la plus importante de l'Unité de préparation des échantillons consiste dans la séparation des minéraux pour études isotopiques et géochronologiques. Enfin, la principale responsabilité de la gestion du Laboratoire de chimie analytique et de l'Unité de préparation des échantillons est confiée à une même personne, soit le chef de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. En ce qui regarde le développement de techniques de préparation des échantillons, il est bien possible que la Section du développement des méthodes d'analyse se voit confier cette responsabilité, mais la priorité à donner à ces techniques doit être évaluée en fonction des autres demandes de développement de méthodes.

Recommandation 23 :

Les matériaux de référence normalisés sont déjà utilisés de façon régulière dans toutes les méthodes mises en oeuvre au Laboratoire de chimie analytique, et on ne voit pas trop quels avantages on pourrait tirer d'une utilisation plus étendue. Cinq pour cent des échantillons qui passent par le laboratoire sont des doubles anonymes introduits par le surveillant du laboratoire. De plus, les clients du laboratoire sont invités à insérer leurs propres doubles et à vérifier les échantillons, mais cette pratique n'est pas obligatoire.

Recommandation 24 :

La CGC va réexaminer la question du recouvrement interne des coûts des services d'analyse.

Recommandation 25 :

Comme le Comité l'affirme (p. --), l'établissement des priorités est la responsabilité de la direction. Les chercheurs en géologie doivent discuter de leurs besoins en analyse avec le personnel des laboratoires avant de présenter une demande. Les demandes sont filtrées par les chefs des laboratoires, pour que l'on puisse s'assurer que le travail est réalisable dans un délai raisonnable et qu'il n'imposera pas une charge irréaliste aux laboratoires.

Recommandation 26 :

La CGC admet que l'entretien d'un matériel de laboratoire coûteux est un sujet de préoccupation critique, et de fait le budget de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie comporte une partie réservée aux réparations. Des contrats de maintenance existent pour un certain nombre d'instruments, mais dans plusieurs cas il est plus rentable de s'en tenir à l'«auto-assurance».

Recommandation 27 :

La CGC réalise l'importance de maintenir un budget d'équipement afin d'assurer l'accès à une technologie d'analyse qui est à la fine pointe du progrès, et elle reconnaît la précarité de la position dans laquelle elle s'est retrouvée au début et au milieu des années 80. Toutefois, l'introduction, en 1989, du PARBE (Plan d'achat et de remplacement de biens d'équipement) à la suite de négociations avec le Conseil du Trésor a permis à la CGC d'améliorer considérablement ses équipements. Malheureusement, l'augmentation du budget d'immobilisations s'est faite au prix d'une diminution des années-personnes et n'a pas été accompagnée d'une augmentation du budget de fonctionnement. Ce dernier cause beaucoup de souci parce que l'équipement de pointe, s'il augmente la productivité, coûte cher à entretenir.

Recommandation 28 :

En principe, les vraies analyses de routine que l'on peut faire exécuter dans les laboratoires commerciaux sont la plupart du temps affermées (voir aussi la recommandation 18). Les méthodes qui sont devenues «d'emploi courant» au Laboratoire de développement de méthodes sont transférées au Laboratoire de chimie analytique. Cependant, il s'agit là d'un processus en évolution puisque le Laboratoire de chimie analytique n'a pas nécessairement le personnel et l'équipement sur les lieux pour mettre immédiatement en oeuvre une nouvelle procédure.

Recommandation 29 :

La CGC ne peut souscrire à la conclusion du Comité, que des installations de détermination des isotopes stables ne sont pas suffisamment prioritaires dans la recherche sur les minéraux pour justifier la dépense en cause. La CGC considère les recherches isotopiques comme peut-être parmi les plus prometteuses et les plus excitantes des méthodes modernes

de recherche sur les minéraux. En outre, l'étude des isotopes stables va jouer un rôle important en géoscience de l'environnement. Quant aux locaux dépoussiérés, quoiqu'une décision définitive n'ait pas encore été prise, il est fort possible qu'ils deviennent une nécessité, non seulement pour la recherche sur les minéraux mais aussi dans le cas où la CGC aurait un plus grand nombre d'analyses d'eau à exécuter pour la géochimie d'exploration comme pour la géochimie de l'environnement. Ces installations pourraient être comprises dans la réfection majeure de l'édifice du 601 de la rue Booth que l'on entreprendra dans quelques années.

Recommandations 30 et 31 :

La CGC s'oriente rapidement vers un accès plus facile aux données numériques. En ce qui regarde les données géochimiques, par exemple, toute la base de données du PNRG est maintenant offerte aux clients sur disquettes. Le réseau de la CGC, qui est en voie d'établissement, facilitera grandement la communication électronique au sein de la CGC.

Recommandation 32 :

La CGC reconnaît l'importance de se tenir au courant des progrès réalisés dans le domaine des systèmes d'information géographique. Il faut admettre cependant que les investissements considérables en matériel et en logiciels informatiques, de même qu'en temps de formation et de perfectionnement déjà consacré au système d'information géographique SPANS par la Sous-division de la géochimie d'exploration signifient que toute décision de changer de systèmes ne peut pas être prise à la légère.

Recommandation 33 :

La Sous-division de la géochimie d'exploration travaille actuellement à mettre au point un système global provisoirement appelé «Base canadienne de données géochimiques» (BCDG). Le système pourrait, en principe, incorporer non seulement les données du Programme national de reconnaissance géochimique mais aussi d'autres ensembles de données géochimiques.

Recommandation 34 :

Beaucoup de discussions et de réflexions ont été consacrées à l'intégration des diverses données géoscientifiques qui existent au sein de la CGC. Comme scénario probable d'une première étape, on pourrait relier les diverses bases de données éparses (géologiques, géophysiques, géochimiques) par le moyen du réseau de la CGC et offrir aux clients une «porte» unique d'accès aux données numériques. Que ces divers ensembles de données soient pré-ordonnés sur une base géographique pose une question intéressante que l'on pourra étudier plus en détail.

PARTIE II

INTRODUCTION

Une application et une adaptation utiles des techniques d'exploration géochimique dans une grande variété de conditions, le développement rapide des techniques d'analyse et de l'informatique et les améliorations apportées aux transports sur le terrain ont fait de la géochimie, au Canada, l'une des disciplines les plus efficaces et les plus utilisées dans l'exploration minérale. Cette efficacité ressort de la liste des découvertes de minéraux énumérées au tableau 1, modifié d'après Brummer, Gleeson et Hansuld[1].

La CGC a contribué à ce succès, à la fois directement et indirectement, par ses travaux de recherche sur les méthodes d'exploration géochimique et leur application dans une grande variété de milieux naturels au Canada.

Les travaux de recherche en géochimie d'exploration, à la CGC, ont commencé en 1949 lorsque R.W. Boyle a procédé à l'étude d'auréoles primaires autour de gisements aurifères dans la région de Yellowknife. Ces études ont été suivies, en 1950, de levés géochimiques des eaux des ruisseaux et des sources, des sédiments fluviatiles et des sols au Yukon et dans les Maritimes. Des laboratoires d'analyse géochimique ont été établis à Ottawa vers la fin des années 50.

Au cours des années 60 et 70, les activités de recherche en géochimie d'exploration et les levés géochimiques ont connu un essor à la mesure de la diversité et malgré le caractère inhospitalier des régions du Canada où elles ont eu lieu. Pendant plus de 40 ans, les scientifiques de la CGC ont apporté des contributions significatives à la géochimie d'exploration et ont acquis une réputation mondiale. Leurs découvertes, y compris les données des levés régionaux, ont stimulé de façon importante l'exploration minérale au pays, et la compétence ainsi développée a contribué à la mise en valeur des ressources naturelles dans d'autres pays par l'entremise de l'ACDI et d'autres programmes d'aide à l'étranger.

La géochimie d'exploration a connu sa principale phase de croissance entre 1972 et 1986, lorsque les spécialistes de la géochimie d'exploration ont été transférés à la Division de la géophysique et de la géochimie des ressources (DGGR) et lorsque les travaux ont été accrus et étendus au Programme de reconnaissance de l'uranium et le Programme national de reconnaissance géochimique. Durant cette période, ce n'est pas toute la recherche géochimique qui s'est faite à la DGGR. Le personnel de la Division de la science des terrains avait commencé, en 1963, des recherches sur l'or dans les tills glaciaires de la région de Kirkland Lake et au début des années 70, le Groupe des minéraux traces en milieu sédimentaire se lançait dans l'échantillonnage des eaux et sédiments fluviatiles et dans des études plus poussées des tills. Ailleurs à la CGC, de nouvelles technologies d'analyse et des progrès scientifiques ont stimulé l'application de la géochimie à plusieurs types de recherches en sciences de la terre autres que l'exploration minérale. C'est ainsi qu'une utilisation plus poussée a été faite de la lithogéochimie appliquée à l'étude des problèmes de la genèse des gisements minéraux, et que des travaux ont été faits sur les isotopes et en géochimie organique à l'appui de la recherche du pétrole et du gaz et d'autres applications.

Réorganisation récente

A partir de 1986, la CGC a apporté une série de changements d'ordre administratif qui ont influé sur l'administration de la géochimie d'exploration comme activité scientifique. Un changement motivé par des raisons d'ordre technique, en avril 1986 a pour résultat de défaire la Division de la géophysique des ressources et de la géochimie (DGGR) suite au regroupement de la CGC et de la Direction de la physique du Globe d'ÉMR. Les spécialistes de la géochimie d'exploration de la Sous-division de la géochimie des ressources de la DGGR ont été regroupés dans la Sous-division de la géochimie d'exploration de la Division des ressources minérales (DRM). En même temps, l'Unité des laboratoires d'analyse de la Sous-division de la géochimie des ressources devenait la Section du développement des méthodes d'analyse au sein de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie de la DRM. Ce changement a été suivi, une année plus tard, d'une autre réorganisation : la CGC a été élevée au rang de Secteur au sein d'ÉMR et la Division des ressources minérales a été incluse dans la Direction des minéraux et de la géologie du continent (fig. 1 et 2).

Tableau 1. Gisements découverts au moyen de méthodes de prospection géochimique.

	1938-1968	1969-1989
Orogène appalachien	Magnet Cove Barium Corp. (Pb Zn Cu Ag) Mount Pleasant (W Mo Sn) Murray Brook (Cu Zn Pb) Restigouche (Pb Zn Cu Ag) Newfoundland Zinc (Zn)	East Kemptville (Sn) Woodstock (Cu) Tally Pond (Cu Zn) Nugget Pond (Au)
Bouclier précambrien	Louvem East (Zn) Delbridge (Cu Zn) Millenbach (Cu Zn)	Corbett (Cu Zn) Bell Creek (Au) LAC Minerals Hemlo, Zone C (Au) Aquarius (Au) Key Lake (U) Collins Bay, Zone B (U) Waddy Lake, Gisement EP (Au) Winstone Lake (Zn)
Orogène de la Cordillère	Craigmont (Cu Fe) Stikine Copper (Cu) Sam Goosly (Au Ag Cu) Bell Copper (Cu) Morrison (Cu Mo) Berg (Cu Mo) Huckleberry (Cu Mo) O.K. (Cu Mo) Island Copper (Cu Mo) Husky (Ag)	Chapelle (Au Ag) Casino Silver (Cu Mo) Lawyers (Au Ag) Howards Pass (Pb Zn) Midway (Pb Zn Ag) Brandywine (Au) Kutcho Creek (Cu Zn Ag Au) Kutcho Creek (Cu Zn Ag Au) Rea Gold (Au Ag Cu Pb Zn) Mount Skukum (Au Ag) Bear Totem (Au Ag) Mount Milligan (Au Cu)

Modifié d'après Brummer, J.J. et al., 1986, « A Historical Perspective of Exploration Geochemistry in Canada: The First 30 Years », R.G. Garrett éd., Journal of Geochemical Exploration, Elsevier Science Publishers, Vol. 28, No. 1-3, Juin 1987, pp. 1-39.

[1] Brummer, J.J.U. et col., 1986, «A Historical Perspective of Exploration Geochemistry in Canada – The First 30 Years». R.G. Garrett, édit., Journal of Geochemical Exploration, Elsevier Science Publishers, Vol. 28, No. 173, June 1987, pp. 1-39.

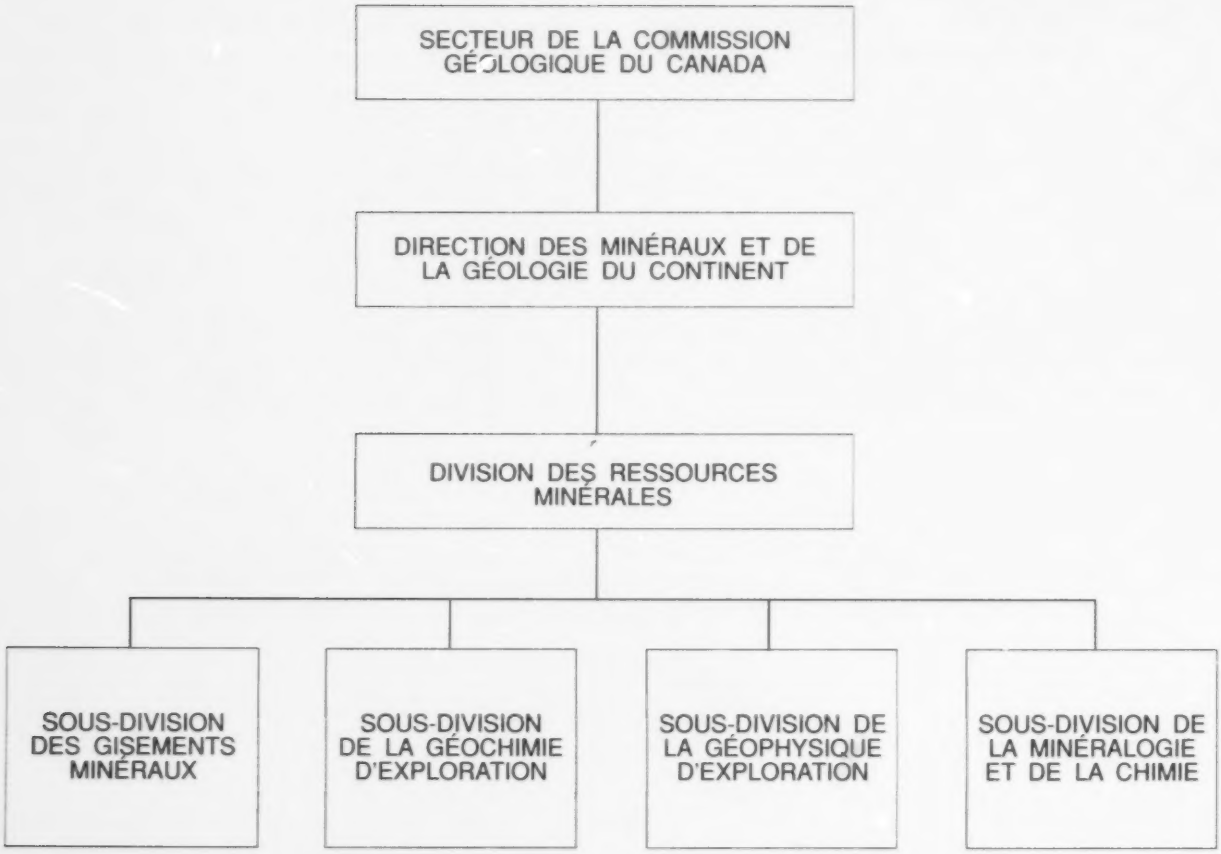

Figure 1a. Organigramme - Division des ressources minérales.

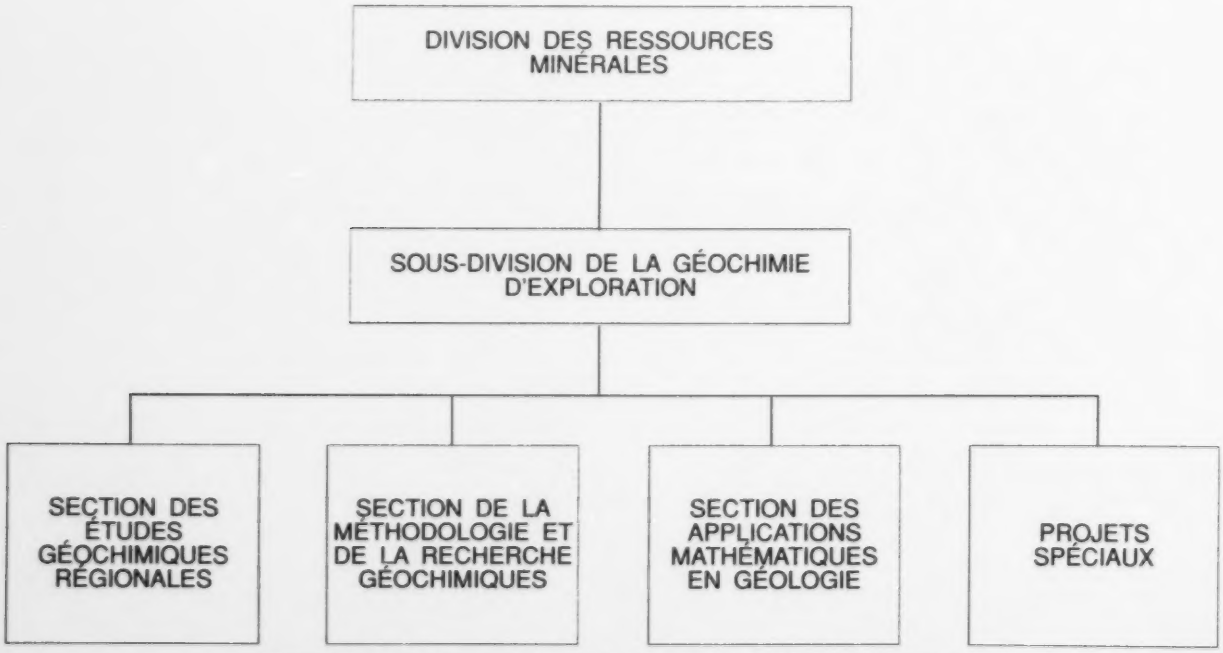

Figure 1b. Organigramme - Sous-division de la géochimie d'exploration.

L'impact de ces réorganisations a été complexe mais un certain nombre de programmes en vigueur en 1986 ont été maintenus. Les principaux changements qui ont touché le groupe de la géochimie d'exploration comprennent a) des modifications dans la structure de gestion et dans le personnel cadre au niveau de la division et de la direction, b) le transfert des travaux d'analyse en géochimie d'exploration, faisant partie antérieurement du Groupe de la géochimie d'exploration, à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie, c) et l'inclusion de la Section des applications mathématiques en géologie au sein de la Sous-division de la géochimie d'exploration.

Comme conséquence de la réorganisation, le personnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration a subi, à différents degrés, une dégradation des relations de travail et de la communication, un fléchissement du moral et d'autres sources d'anxiété. En 1988, la CGC a pensé que le temps était venu qu'un Comité consultatif du Conseil géoscientifique canadien procède à la revue des activités géochimiques à la CGC et formule, pour l'avenir, des recommandations appropriées.

Le Comité consultatif et son mandat

La suite à donner à la recommandation de 1985 du Comité Naldrett[2], qu'un comité consultatif soit formé pour se pencher sur les travaux de la Division de la géophysique et de la géochimie des ressources a nécessairement été retardée par les réorganisations dont il a été question. Vers la fin de 1987, la CGC a demandé au Conseil géoscientifique canadien de mener des évaluations séparées, faites par des pairs, des activités géophysiques et géochimiques à la CGC. Un comité de géophysique, sous la présidence de M. H.O. Siegel, a d'abord été formé et un comité de géochimie de six membres[3], sous la présidence de M. J. Alan Coope, et représentant la compétence en géochimie, en géologie du Quaternaire et en géologie des gisements minéraux du monde universitaire, des gouvernements provinciaux et de l'industrie a été créé en mai 1988 et a tenu ses premières réunions à Ottawa en juillet 1988.

Le mandat spécifique du Comité consultatif formé pour revoir les travaux de géochimie à la CGC a été élaboré en fonction des orientation suivantes :

1. Déterminer et documenter le bien-fondé et les niveaux actuels de la recherche, du développement de méthodes et des levés en géochimie à la CGC.
2. Évaluer leur impact et leur pertinence en ce qui regarde les utilisateurs des secteurs industriel, universitaire et gouvernemental, et aussi en ce qui concerne les responsabilités des directions du ministère.
3. Évaluer l'actualité, la pertinence, la qualité quant au genre et la quantité des publications qui présentent les résultats de la recherche, du développement de méthodes et des levés géochimiques régionaux.
4. Évaluer l'étendue, la valeur, l'organisation et la qualité de l'équipement de recherche, du personnel de soutien, des services informatiques et d'analyse, des procédures d'affermage disponibles à l'appui des recherches, levés et activités connexes en géochimie.
5. Examiner les méthodes et procédures utilisées en ce qui regarde les projets de géochimie et les levés régionaux lorsqu'il s'agit de les identifier, les entreprendre, leur assigner des priorités et les gérer.
6. Faire des observations sur l'organisation actuelle des travaux géochimiques à la CGC.
7. Identifier de nouvelles initiatives et de nouveaux champs d'action pour la recherche, le développement de méthodes et les levés en géochimie.
8. Présenter des recommandations écrites, selon les besoins, au sous-ministre adjoint, Secteur de la CGC, sur les façons d'améliorer la qualité et l'efficacité de la recherche et des levés géochimiques et la diffusion des résultats. Le Comité consultatif du Conseil géoscientifique canadien doit présenter les résultats de son enquête et les recommandations appropriées par écrit au sous-ministre adjoint de la CGC. Le rapport du Comité doit être rendu public, mais le mécanisme concernant la publication et le format seront déterminés par entente mutuelle entre le sous-ministre adjoint, la CGC et le Conseil géoscientifique canadien.
9. A moins d'une entente différente entre le sous-ministre adjoint et le président du Comité consultatif du Conseil géoscientifique canadien, le rapport du Comité doit être soumis à la CGC dans l'année qui suit le début officiel de l'étude.

Travaux du Comité consultatif

Suite aux obligations que lui impose son mandat, le Comité consultatif a entrepris les travaux suivants :

1. Par des entrevues avec le personnel de la CGC :

---

[2] Naldrett, A.J. et col., 1986, «The Geosciences in Canada, 1985, Part 2; Report of the Canadian Geoscience Council Committee on Mineral Deposits Research at the Geological Survey of Canada», Conseil géoscientifique canadien, Commission géologique du Canada, Étude 85-6, Partie 2, pp. 1-44.

[3] J.A. Coope, Newmont Exploration Limited, Denver, président M.A. Bouchart, Department de géologie, Université de Montréal, Québec
P.H. Davenport, ministère des Mines et de l'Énergie de Terre-Neuve, St. John's
I.L. Elliott, Cominco Exploration, Vancouver
W.K. Fletcher, Département des sciences géologiques, Université de Colombie-Britannique, Vancouver
A.H. Green, Falconbridge Limited, Windsor, Nouvelle-Écosse

(a) revoir la répartition des travaux en géochimie d'exploration au sein des diverses divisions et sous-divisions de la CGC;

(b) revoir les procédures utilisées dans le développement et la mise en oeuvre des travaux de recherche et des levés en géochimie d'exploration;

(c) revoir l'effet des changements d'ordre technique et administratif apportés à la CGC en 1986 et 1987.

2. Par des entrevues choisies avec le personnel des ministères de l'Environnement et de Santé et Bien-être, revoir leur interaction avec le personnel géochimiste à la CGC et la valeur et l'utilité des données de la géochimie d'exploration de la CGC pour les programmes de ces ministères.

3. Par des visites aux bureaux de la Commission géologique de Finlande et au USGS, et par une entrevue additionnelle avec un géochimiste de la British Geological Survey, comparer l'organisation et l'exécution des travaux géochimiques reliés à l'exploration minérale, à l'environnement et à d'autres sujets d'intérêt.

4. Par la distribution de questionnaires à des géoscientifiques choisis dans les milieux industriels, gouvernementaux et universitaires, examiner si la CGC répond aux besoins de ses divers clients dans ces milieux, et comment ces milieux perçoivent l'utilité et l'efficacité des activités géochimiques à la CGC.

Des 163 questionnaires distribués à ces groupes, 103 ont été retournés, ce qui donne un pourcentage de réponse de 63,2. Ce haut niveau de réponse reflète l'intérêt et les préoccupations des clients en ce qui regarde les travaux géochimiques à la CGC et fournit au Comité une juste idée de ce que pensent, de la géochimie à la CGC, les clients de l'extérieur de l'administration fédérale.

A l'intérieur des limites de temps imposées, ces activités, y compris les réponses rapides qu'a apportées la CGC aux demandes d'informations historiques et de données d'appui, ont permis au Comité de saisir de façon adéquate les faits et les opinions, et ainsi de formuler des conclusions et des recommandations comme l'exigeait son mandat.

Le Comité est d'avis qu'en dépit d'une réaction généralement favorable à l'égard des travaux et des rendements fournis par le passé, les problèmes internes de gestion, d'organisation et de moral sont tels que les travaux

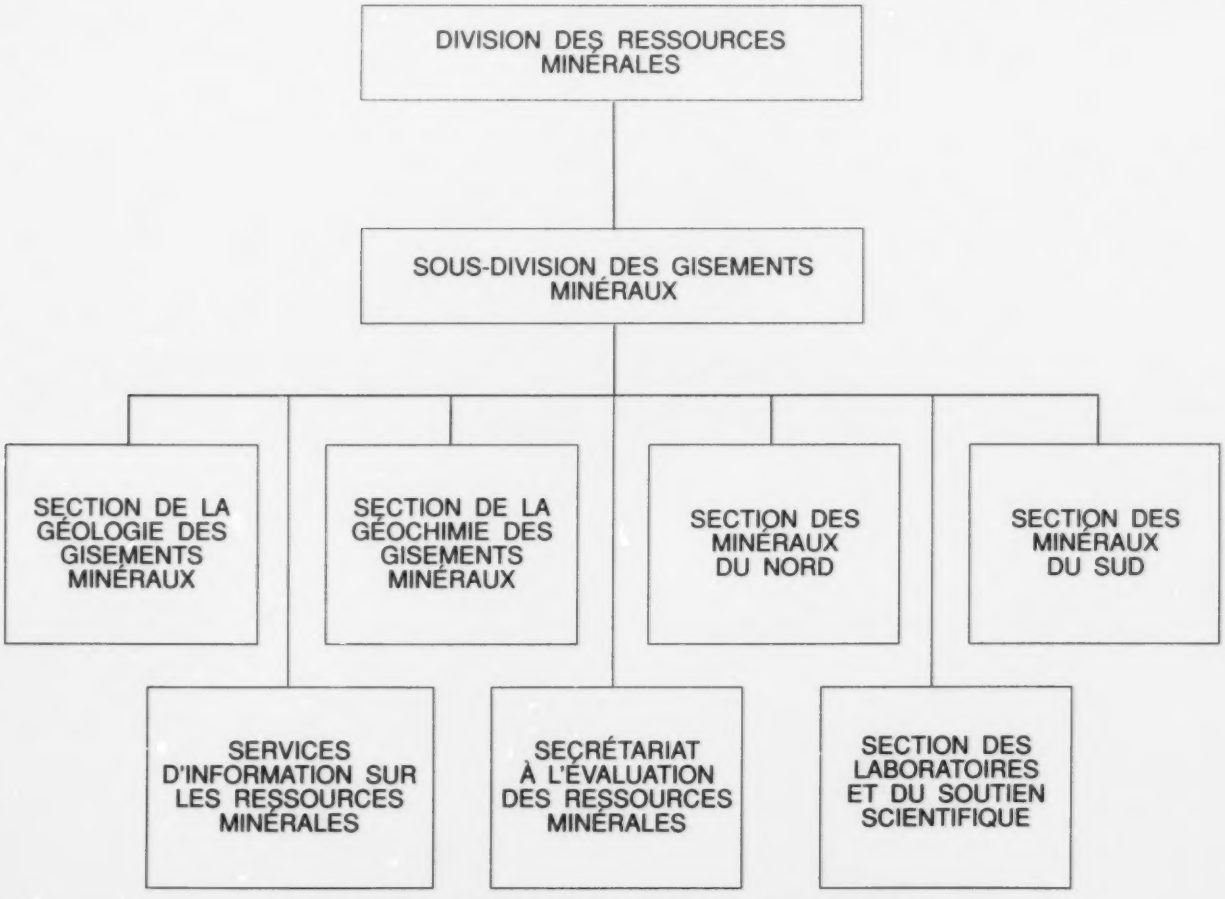

Figure 1c. Organigramme - Sous-divisions des gisements minéraux.

en géochimie d'exploration à la CGC se trouvent à une croisée de chemins critique. Les difficultés et les problèmes ont été identifiés, et le présent rapport formule, pour étude, un certain nombre de recommandations.

LE PROGRAMME DE GÉOCHIMIE À LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

La production de données géochimiques provient en majeure partie des sources suivantes à la CGC :

1. La Division des ressources minérales : (fig. 1a, 1b, 1c)
   (a) la Sous-division de la géochimie d'exploration
   (b) la Sous-division des gisements minéraux
   (c) la Sous-division de la minéralogie et de la chimie
2. La Division de la science des terrains : (fig. 1a)
   (a) la Sous-division de la géologie du Quaternaire
3. L'Institut de géologie sédimentaire et pétrolière
   (a) la Sous-division de géologie pétrolière (géochimie organique)

Comme le Comité l'a fait observer dans l'introduction à ce rapport, la disponibilité de techniques d'analyse améliorées et les progrès dans l'interprétation scientifique ont stimulé l'accroissement de l'utilisation des données géochimiques dans la majorité des disciplines géoscientifiques existantes au sein de la CGC. Toutefois, vu que l'objet principal du mandat du Comité est d'évaluer les activités géochimiques appliquées à l'exploration minérale, l'attention a été portée d'abord et avant tout sur les travaux géochimiques des divisions des ressources minérales et de la science des terrains (1 et 2 mentionnées ci-dessus).

Objectifs et travaux des sous-divisions à la Commission géologique du Canada qui produisent des données géochimiques

À la Division des ressources minérales, la **Sous-division de la géochimie d'exploration** fait de la recherche sur les processus géochimiques et sur le développement, l'application et l'évaluation des méthodes d'exploration géochimique, afin d'aider l'industrie qui se consacre à l'exploration minérale et de faciliter les programmes gouvernementaux d'évaluation des ressources et de cartographie géologique. La Sous-division fournit des

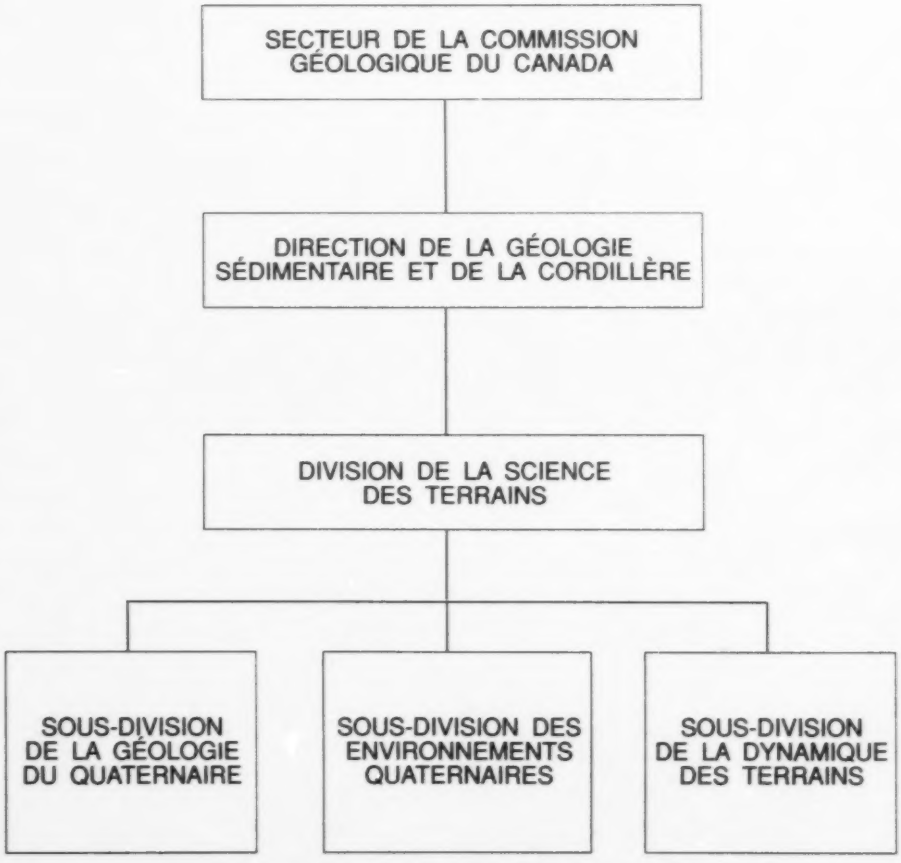

Figure 1d. Organigramme - Division de la science des terrains.

données géochimiques qui intéressent directement l'étude des problèmes de santé et d'environnement de même que la planification de l'utilisation des terres. Par l'entremise de la Section des applications mathématiques en géologie, elle développe et applique des méthodes mathématiques et statistiques requises pour faire l'intégration et l'interprétation des données géochimiques et autres données géoscientifiques.

Avant la réorganisation de 1986, l'organisme antérieur à la Sous-division de la géochimie d'exploration (la Sous-division de la géochimie des ressources de la DGGR) comportait une unité de laboratoires qui s'occupaient du développement de méthodes d'analyse et d'analyses de routine. Au moment de la réorganisation, le groupe de l'analyse a été incorporé à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. La Sous-division de la géochimie d'exploration est aussi un client majeur de la Section du développement des méthodes d'analyse au sein de cette sous-division.

La **Sous-division de la minéralogie et de la chimie** fournit des services analytiques et minéralogiques à l'appui des travaux de recherche de la Division et du Secteur et développe des techniques d'analyse pour répondre aux besoins de ses clients et pour éventuellement les transmettre à des laboratoires commerciaux. La Sous-division a aussi la responsabilité de conserver les collections nationales de même que des collections de roches, de minéraux et de météorites, et celle de fournir de l'information minéralogique, ce qui comprend la vente au public de collections de roches et de minéraux de référence.

La **Sous-division des gisements minéraux** effectue des recherches sur la genèse des gisements minéraux, interprète les rapports qui existent entre les gisements minéraux et les caractéristiques géologiques des principales régions géologiques du Canada, et tient une base d'information nationale sur la nature, la répartition et les caractéristiques géologiques des ressources minérales canadiennes autres que les hydrocarbures. En intégrant les résultats de ces travaux (y compris une quantité croissante de données géochimiques), on développe des directives et des modèles à l'intention de l'industrie canadienne de l'exploration minérale. Ils servent aussi au développement de politiques gouvernementales qui touchent la gestion des ressources et la planification de l'utilisation des terres.

La Sous-division des gisements minéraux est aussi un client important de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. Ce service comporte à la fois des travaux d'analyse réguliers et spéciaux orientés, dans une large mesure, vers l'étude de la répartition des métaux dans les roches, minéraux et autres matériaux géologiques et la solution de problèmes concernant la genèse des gisements minéraux.

La **Sous-division de la géologie du Quaternaire** a pour objectifs primordiaux de tenir un inventaire national des formations en surface et des reliefs pour établir la stratigraphie et l'histoire environnementale des dépôts du Quaternaire, et de fournir des données de base sur la composition et la provenance du drift et sur les processus géologiques qui s'exercent sur la masse continentale.

Sous-division de la géochimie d'exploration (fig. 1b)

Les activités de la Sous-division de la géochimie d'exploration se subdivisent en trois catégories :

(i) méthodologie et recherche géochimiques

(ii) intégration et analyse des données

(iii) études géochimiques régionales

Le Plan opérationnel (Appendice A) de la Sous-division pour l'année financière 1988-1989 offre quelques détails sur la répartition géographique des divers travaux. Sauf pour les salaires des géochimistes et chimistes surveillants et le coût de quelques réanalyses d'échantillons, toutes les dépenses reliées aux Études géochimiques régionales (1,7 million en 1988-1989) sont financées par le programme des ententes sur l'exploitation minérale. Les travaux sous les rubriques Méthodologie et recherche géochimiques et Analyse et intégration des données sont financées à même le budget de base A (1,6 million de dollars de 1988-1989). Les salaires représentent 66 % des fonds de base A comparativement à seulement 13 % pour les ententes sur l'exploitation minérale, ce qui reflète l'exclusion des salaires et le coût proportionnellement plus élevé des services d'échantillonnage et d'analyse à contrat.

Le principal objectif de la **Section de la méthodologie et de la recherche géochimique** est de développer des méthodes géochimiques qui ont une application pratique en exploration minérale et qui intéressent d'autres industries qui ont besoin de données géochimiques. Actuellement, la majeure partie de la recherche est orientée vers l'or, l'argent et les métaux du groupe du platine. La Section compte six chercheurs spécialisés dans diverses méthodes de géochimie d'exploration deux scientifiques responsables de la gestion des données et du personnel de soutien technique. Les travaux courants se font en géochimie des tills, étude des minéraux lourds, étude des isotopes, biogéochimie, hydrogéochimie, lithogéochimie et portant sur l'application de systèmes informatisés d'analyse des données.

Le programme de géochimie des tills a été lancé en 1986 et s'inscrit dans le cadre des recherches faites à la Sous-division de la géochimie d'exploration sur les méthodes d'exploration, dont les résultats ont d'abord été appliqués pendant le programme EGMA, puis utilisés sur une grande échelle par l'industrie dans la recherche des métaux communs, de l'uranium et de l'or au cours des 12 à 15 dernières années. La recherche est intégrée aux travaux des chercheurs de la Sous-division de la géologie du Quaternaire et comporte l'étude de la stratigraphie glaciaire, la lithogéochimie de la roche en place, la géochimie des fractions granulométriques et la détermination de la teneur des tills en minéraux lourds.

Les études biogéochimiques intermittentes qui ont caractérisé le programme de la CGC depuis le début des années 60 ont donné lieu, en 1985, aux études actuelles à long terme sur les régions situées en forêt boréale et qui sont maintenant mondialement reconnues et suivies de près. Le laboratoire de biogéochimie a été rétabli à Ottawa pour apporter supplément et complément aux études sur le terrain.

En hydrogéochimie, on a passé trois ans à développer des instruments et des appareils d'échantillonnage et à soumettre des demandes de brevets, sans avoir fait de levés ni avoir publié de données.

En plus de la lithogéochimie comprise dans le programme d'étude des tills, un géochimiste de la sous-division travaille en étroite collaboration avec des scientifiques de la Sous-division des gisements minéraux à la recherche de porphyres de cuivre aurifères dans la Cordillère, et des études isotopiques de la genèse des métaux précieux se poursuivant en Abitibi et en Scandinavie.

L'intégration et l'analyse des données sont la responsabilité de la Section des *applications mathématiques en géologie*, qui travaille en collaboration avec des scientifiques des sections de la géochimie régionale et de la méthodologie et de la recherche géochimiques qui s'occupent de transfert de technologie. Les cinq chercheurs scientifiques de la Section des applications mathématiques sont responsables (i) du développement et de méthodes probabilistes et leur application à l'évaluation des ressources minérales à des fins de planification de l'utilisation des terres; (ii) du développement et de l'application de nouvelles méthodes d'intégration et d'interprétation des divers ensembles de données géoscientifiques, y compris les données LANDSAT et autres données de télédétection; (iii) du développement de méthodes statistiques pour les données de la géochimie d'exploration et autres données géoscientifiques connexes; et (iv) de l'apport de travaux statistiques et de services aux projets entrepris à la CGC.

Quoique comprises dans la Sous-division de la géochimie d'exploration, il est assez évident que la Section des applications mathématiques dessert l'ensemble de la CGC de même que d'autres secteurs de l'administration fédérale. Toutefois, des liens administratifs plus étroits de même que l'applicabilité évidente de l'analyse statistique et de l'analyse des images à l'interprétation des données géochimiques contribuent à une intégration plus serrée avec la géochimie d'exploration au sein de la sous-division. On s'en rend facilement compte si l'on considère l'adaptation du SPANS (système d'analyse spatiale) et du EASIPACE (système d'analyse d'images) aux études d'intégration de données spatiales sur des données provenant de Nouvelle-Écosse, du Nouveau-Brunswick et de la Saskatchewan. De plus, de nouvelles techniques statistiques et des programmes informatiques correspondants ont été développés pour l'analyse de données tronquées et censurées au hasard typiques de résultats d'analyses géochimiques multiélémentaires avec limites de détection.

Les recherches de transfert technologique, effectuées surtout par des chercheurs extérieurs au Groupe des applications mathématiques, comprennent le système de données informatisées récemment mis au point (IDEAS), le développement des procédures de restitution au laser pour le dressage des cartes géochimiques et les applications à des systèmes experts.

Les objectifs de la **Section des études géochimiques régionales** consistent à effectuer des levés de reconnaissance géochimique et des études connexes de suivi ou d'orientation afin de (i) fournir une base de données géochimiques régionales et (ii) développer et améliorer la méthodologie et les procédures d'interprétation et d'intégration des données. Les données des levés régionaux servent à l'industrie pour l'exploration minérale, et aux gouvernements pour l'évaluation des ressources. Les données peuvent aussi servir à la cartographie géologique dans les régions qui ont fait l'objet de levés et à fournir de l'information pertinente pour les travaux de recherche sur des questions d'environnement ou de santé publique.

Afin d'atteindre ces objectifs, la Section se livre aux travaux suivants :

(a) elle effectue des levés géochimiques régionaux des bassins hydrographiques;

(b) elle réanalyse des échantillons archivés;

(c) elle entreprend des études de suivi, d'orientation et d'interprétation associées aux levés régionaux;

travaux qui sont en grande partie financés par des ententes sur l'exploitation minérale conclues avec les provinces.

La majeure partie des ressources de la Section sont utilisées pour terminer les levés des bassins hydrographiques et diffuser les résultats dans le cadre du Programme national de reconnaissance géochimique (PNRG). Environ deux millions de kilomètres carrés de la masse continentale canadienne (dont la superficie totale est de 9,92 millions de kilomètres carrés) avaient été couverts par le PNRG à la fin de 1988. Sept cent mille kilomètres carrés ont été couverts en vertu du programme quinquennal des ententes sur l'exploitation minérale qui a commencé en 1984. Les principales composantes de ces levés sont affermées et c'est le rôle de la Section de fournir les compétences géochimiques et administratives et de surveiller tous les travaux exécutés à contrat afin d'assurer un contrôle de la qualité durant toutes les phases des levés. La plupart des levés entrepris portent sur plusieurs éléments et utilisent une densité d'échantillonnage relativement faible (1 échantillon pour 13 kilomètres carrés); ils se font par hélicoptères et consistent en l'échantillonnage de sédiments fluviatiles et lacustres et d'eau, exécuté conformément au PNRG. Au cours des dernières années, des changements et des additions ont été apportés à la méthodologie, notamment une augmentation de la densité (1 échantillon pour 2 kilomètres carrés) dans le cas des levés effectués dans certaines régions présentant un fort potentiel économique; des levés intercalaires à haute densité dans des régions déjà couvertes, pour encourager des suivis de la part de l'industrie; l'addition de métaux (Au, Sb, W, Ba et Sn) à la suite d'éléments déjà analysés; et des améliorations dans la gestion des données et leur présentation.

Ce qui suit est un résumé des activités de la Section au cours des 5 premières années d'existence du programme des ententes sur l'exploitation minérale.

- Accordé 28 contrats d'échantillonnage
- Coordonné 25 programmes sur le terrain
- Formé 19 équipes d'échantillonnage
- Vérifié 60 000 entrées d'échantillons d'eau et de sédiments

- Surveillé l'analyse de 98 000 échantillons (env. 2,3 millions de déterminations)
- Produit 48 nouveaux dossiers publics de données (env. 1 010 cartes géochimiques)

Environ 560 000 acres de concessions minières ont été jalonnées suite à la publication des résultats en 1986 et 1987, en majeure partie par des prospecteurs individuels ou de petites sociétés minières.

Les échantillons recueillis excédentaires lors du PNRG ont été catalogués et archivés. Environ 180 000 échantillons sont maintenant stockés et, au cours d'une récente période de 4 ans, plus de 17 000 de ces échantillons ont été récupérés pour être soumis à une réanalyse, d'abord pour l'or, mais aussi pour 33 autres éléments, par activation neutronique.

D'autres études plus spécifiques sont entreprises pour élucider des problèmes particuliers relatifs aux levés régionaux. Ces travaux qui peuvent se présenter sous forme d'études d'orientation, de suivi, d'interprétation, d'analyse ou de présentation de données sont d'une grande valeur lorsqu'il s'agit d'évaluer les levés régionaux et les stratégies d'exploration. Parmi ces études on compte l'évaluation (i) des sédiments lacustres comme matériaux d'échantillonnage des métaux du groupe du platine et de l'or, (ii) l'utilisation de divers matériaux d'échantillonnage de sédiments fluviatiles au Nouveau-Brunswick et (iii) les techniques d'analyse par plasma induit et par activation neutronique indirecte pour la production du «noyau» des données du PNRG, (iv) la gestion des données et (v) les techniques de présentation des données.

La Sous-division de la minéralogie et de la chimie (fig. 1a)

La Sous-division de la minéralogie et de la chimie comprend l'unité de préparation des échantillons et de séparation minérale, le Laboratoire de chimie analytique et la Section du développement des méthodes d'analyse. La Sous-division a d'autres responsabilités qui comprennent les laboratoires de minéralogie de la CGC, la conservation des collections de roches, y compris les collections nationales et les collections de météorites et la préparation et la vente de collections de roches et de minéraux et de livrets d'excursion. La Sous-division compte en tout 47 années-personnes qui se répartissent comme suit : Laboratoires de minéralogie - 10; Laboratoires de préparation des échantillons - 5; Conservation des collections - 4; Collections de roches et de minéraux - 5; Laboratoire de chimie analytique - 15; et le développement de méthodes d'analyse - 8. Conformément à son mandat, le Comité a porté son attention sur l'unité de préparation des échantillons et de séparation des minéraux, le Laboratoire de chimie analytique et la Section du développement des méthode d'analyse.

A titre de centre de services auxiliaires, le *Laboratoire de chimie analytique* fournit des analyses de plus de 40 différents éléments aux scientifiques de toutes les divisions de la CGC. Le service le plus populaire est une offre d'analyse «globale» pour 19 éléments, mais beaucoup d'efforts sont consacrés à des échantillons spéciaux qui exigent des procédures d'analyses particulières. En 1987-1988, la Division des ressources minérales a soumis presque 80 % de tous les échantillons analysés. Le Laboratoire de chimie analytique n'est pas responsable de l'analyse de routine des échantillons d'exploration géochimique comme les échantillons de sols ou de sédiments ou les échantillons lithogéochimiques prélevés dans le cadre des ententes sur l'exploitation minérale. Ces travaux, tout comme certaines analyses de routine, sont confiés en grande partie à des laboratoires commerciaux.

Les installations et le rendement du Laboratoire de chimie analytique ont été critiqués dans le rapport Naldrett (1986). Toutefois, suite à l'acquisition d'un spectromètre à plasma induit (ICP) en 1984 et d'un XRF automatisé en 1986, le laboratoire est maintenant mieux équipé pour satisfaire les besoins de ses clients. Plus récemment, l'unité a pu fournir des analyses spéciales en utilisant le spectromètre ICP-MS qu'elle partage avec la Section du développement des méthodes d'analyse. En dépit d'une faible baisse du personnel durant la même période, il y a eu augmentation substantielle du nombre des échantillons traités annuellement, soit de 5 205 en 1984-1985 à 12 795 en 1987-1988. Le laboratoire a établi sa propre procédure de contrôle de la qualité par l'introduction de blancs et environ 5 % de dédoublement au hasard des matériaux d'échantillonnage.

En 1987, les 50e et 90e percentiles du délai de livraison des analyses ont été de 90 et de 166 jours respectivement. Le délai moyen de 90 jours est long mais peut-être pas déraisonnable dans le cas d'analyses d'échantillons à matrices hautement variables et difficiles (c'est-à-dire hautement minéralisées). Toutefois, un nombre significatif de demandes prennent beaucoup plus de temps. Dans beaucoup de cas, les principaux facteurs qui allongent le délai d'exécution sont les pointes inattendues dans la réception d'échantillons provenant des géologues de la CGC et les demandes imprévues d'analyses spécifiques qui exigent des procédures spéciales.

Au moment de la réorganisation de 1986, la majeure partie du personnel et des ressources du Laboratoire de chimie analytique de la Sous-division de la géochimie des ressources de la DGGR ont été regroupés dans la Section du développement des méthodes d'analyse et transférés à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. Leur mandat s'est trouvé augmenté comme suit :

- développement de méthodes d'analyse pour des projets de la CGC et à l'intention de l'industrie de l'exploration minérale;
- développement de méthodes pour d'autres matrices;
- étude de nouvelles technologies pour application en géo-analyse;
- amélioration des technologies existantes et obtention de brevets;
- transfert à l'industrie de méthodes développées à l'interne;
- évaluation des méthodes utilisées dans l'industrie.

L'unité est bien équipée d'instruments d'analyse modernes, dont un spectromètre de masse à plasma induit Sciex, un spectromètre séquentiel ICP-ES Yvon-Jobin et plusieurs spectromètres d'absorption atomique. En dépit d'un petit personnel de huit, les progrès en géochimie analytique sont bien menés sur plusieurs fronts et les résultats sont publiés. Dans ce contexte, la plupart des groupes qui constituent la clientèle de la CGC considèrent tous le développement de méthodes de chimie analytique à la CGC comme une activité importante et donnent généralement à ce qui en sort une haute cote de pertinence. En plus du développement de méthodes d'analyse, l'unité entreprend un nombre substantiel de déterminations de routine qui ne font pas partie du répertoire du Laboratoire de chimie analytique.

La préparation des échantillons, y compris le concassage et la pulvérisation des roches pour analyse chimique, est la responsabilité de *l'Unité de préparation des échantillons et de séparation minérale*. Les responsabilités de cette unité relativement petite (5 années-personnes), mais qui relève du chef de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie, n'occasionnent que très peu de contact avec le Laboratoire de chimie analytique et la Section du développement des méthodes d'analyse. Ces rapports font l'objet d'observations ci-dessous mentionnées où il est question de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie.

La Sous-division des gisements minéraux (fig. 1c)

La recherche de gisements minéraux dépend fortement de la géochimie; on s'intéresse à cette application non seulement à la Section de la géochimie des gisements minéraux mais aussi dans la plupart des autres sections au sein de la Sous-division. Les recherches géochimiques (lithogéochimiques, isotopiques, inclusions fluides, etc.) sont utilisées principalement pour essayer de mieux comprendre les gisements minéraux et leurs milieux de formation, mais en espérant aussi que les résultats conduiront à la définition d'une méthodologie globale de géochimie d'exploration appliquée aux systèmes minéralisés et, de façon moins directe, et avec moins de certitude, à des techniques plus régionales, dépendantes de la compréhension du milieu géologique.

Les programmes, au cours des dernières années, ont été orientés vers l'étude des minéralisations aurifères et des métaux du groupe du platine (MGP) dans la Cordillère et le Bouclier canadien et ils ont révélé des rapports potentiellement significatifs entre le sourfre et le sélénium et les MGP d'une part, et le soufre, les oxydes alcalins et l'or d'autre part dans certaines régions spécifiques. D'autres applications ont été faites dans l'étude des gisements d'étain et de tungstène des Appalaches et l'étude des bassins sédimentaires le long de la frontière entre le Yukon et les Territoires du Nord-Ouest. Des études conjointes avec le personnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration sont en cours dans le district de Sulphurets en Colombie-Britannique tandis que d'autres études ont nécessité le développement de méthodes d'analyse conjointement avec les chimistes de la Section du développement des méthodes d'analyse. Un exemple, entre autres, de cette intégration a été le développement de techniques d'analyse pour l'étude des échantillons provenant du Projet des minéraux des fonds marins entrepris au large de la côte de la Colombie-Britannique.

Il est assez évident, d'après les entrevues faites par le Comité, que plusieurs projets au sein de la Sous-division des gisements minéraux ont profité et ont été stimulés par l'interaction étroite et intégrée de géochimistes d'expérience à la fois de l'intérieur et de l'extérieur de la Sous-division. Il est clair qu'il faut encourager et poursuivre cette intégration. L'application pratique, en géochimie d'exploration, des caractéristiques géochimiques définies par la recherche sur les gisements minéraux est toujours un défi important dont la direction de la CGC devrait faire un de ses principaux objectifs.

La Division de la science des terrains (fig. 1d)

L'application des méthodes géochimiques à l'étude des problèmes de la géologie du Quaternaire remonte au début des années 60. L'historique de cette application dans les travaux de la Division de la science des terrains se trouve ailleurs dans ce rapport.

Avant 1986, la majeure partie de la recherche en géochimie à la Division de la science des terrains se faisait par l'entremise du Groupe des bassins sédimentaires et des minéraux traces (GBSMT). Suite à la dissolution de ce groupe, l'échantillonnage des tills à faible densité, méthodologie mise au point par le GBSMT, a été régulièrement inclus dans les programmes de cartographie de la Sous-division de la géologie du Quaternaire financés par les budget de base A des ententes sur l'exploitation minérale.

La Sous-division de la géologie du Quaternaire est fortement impliquée dans les programmes réalisés en vertu d'ententes sur l'exploitation minérale dans les Maritimes, en Ontario, au Manitoba et dans les Territoires du Nord-Ouest, qui représentent un engagement budgétaire de 1,35 million de dollars en 1988-1989. Ces projets ont été entrepris dans des régions présentant un fort potentiel minéral mais aussi une épaisse couverture de drift. Cent mille dollars additionnels sont attribués au Programme géoscientifique du Québec. Ces chiffres se comparent au budget de 2,04 millions de dollars alloué aux programmes de base A.

La qualité des données géochimiques produites au cours des premières années des ententes sur l'exploitation minérale a souffert de spécifications inadéquates en ce qui concerne la préparation des échantillons et les analyses à contrat négociées avec les laboratoires commerciaux. Plus tard, une procédure a été établie pour éliminer ces problèmes; elle fait appel à une coordination et à une collaboration plus étroites de la part du personnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration. Des échantillons de référence ont été obtenus de la Sous-division de la géochimie d'exploration, et il y a eu plus d'interaction entre les géochimistes de cette Sous-division sur des problèmes spécifiques de géochimie.

La technique d'échantillonnage des tills à faible densité qui a été développée par la DST (650 échantillons par faille de carte à l'échelle de 1/250 000) est largement utilisée dans

les programmes de levés réalisés en vertu des ententes sur l'exploitation minérale, où elle constitue le standard pour complémenter la cartographie superficielle de même que pour définir les unités de tills et la séquence des événements du Pléistocène. En dépit de la très faible densité de quelques-uns des programmes d'échantillonnage de la DST, les données indiquant des anomalies prononcées ont toujours fait l'objet d'un suivi de la part de compagnies privées, et l'information sur la stratigraphie du Quaternaire a toujours eu de la valeur, pour l'industrie, dans la planification des programmes d'exploration géochimique et dans l'interprétation des données qui en résultent.

Le degré d'utilisation des données géochimiques dans les programmes de cartographie du Quaternaire financés à même le budget de base A est moins évident au jugement du Comité, parce que la compétence géochimique disponible pour plusieurs projets entrepris dans les régions de l'est et du centre nord est limitée. Environ 13 % (5 a.-p.) du budget de base A de 1,75 million de dollars (28 a.-p.) alloué à la Sous-division de la géologie du Quaternaire en 1987-1988 a été consacré à des études concernant les pluies acides dans le sud-est de l'Ontario, à la recherche en exploration minérale, surtout sur le comportement géochimique de l'or et des MGP dans les tills et les sols, et à des études sur la minéralogie d'échantillons d'argile provenant de la dorsale Juan de Fuca.

ÉVOLUTION DES TRAVAUX GÉOCHIMIQUES DANS LES SOUS-DIVISIONS DE LA CHIMIE D'EXPLORATION ET DE LA GÉOLOGIE DU QUATERNAIRE

Une revue historique générale de l'évolution des travaux de géochimie d'exploration à la CGC peut fournir de l'information de base sur la répartition actuelle des travaux au sein des divisions des ressources minérales et de la science des terrains et servir à expliquer quelques-unes des difficultés actuelles.

Avant 1962, les travaux de recherche et développement en géochimie effectués à l'appui de l'exploration minérale à la CGC étaient entièrement le fait de scientifiques qui oeuvraient dans la Division de la géophysique des ressources et de la géochimie et dans les divisions antérieures. Tel que noté auparavant, ces activités de géochimie d'exploration ont comporté notamment des études effectuées dans les années 50 sur des sédiments fluviatiles, des sols, des échantillons d'eau de ruisseaux et de sources au Yukon et dans les Maritimes. Dans certaines parties du Bouclier canadien, le faible développement des réseaux hydrographiques et la présence d'une couverture étendue de matériaux morainiques ont imposé un rythme lent au développement des techniques d'exploration. Les géochimistes de la CGC ont entrepris en 1962 des travaux de recherche biogéochimique dans des milieux glaciaires, à peu près au même moment où les géologues de la Division de la science des terrains ont commencé des études minéralogiques classiques et l'étude des clastes en aval des glaces, au camp aurifère de Kirkland Lake, et ont identifié des particules d'or dans des tills peu profonds. Ces résultats et ceux des études d'orientation faites par les géochimistes sur les tills sus-jacents au gisement Louvem en 1969, ont justifié la mise en oeuvre du programme EGMA, qui consistait à forer à travers les morts-terrains pour procéder à l'échantillonnage des tills dans les épaisses successions de matériaux glaciaires, dans la région de l'Abitibi en 1971. Ce programme a aussi permis le financement du premier levé régional de sédiments des fonds lacustres (36 000 kilomètres carrés) durant la même période dans la région de Timmins-Kirkland Lake-Rouyn-Val d'Or.

En 1973, la Section de sédimentologie et des minéraux traces de la Division de la science des terrains a entrepris l'étude de la répartition des métaux dans les eskers et les tills et, en collaboration avec l'Université Queen's, la dispersion des métaux dans les sédiments lacustres et les eaux de lac dans les régions qui ont subi la glaciation. Le groupe de la sédimentologie et des minéraux traces a acquis une réputation mondiale, particulièrement pour avoir démontré les avantages et l'utilisation de la répartition selon la granulométrie pour les études sur l'échantillonnage des tills.

L'échantillonnage des sédiments lacustres d'avant-plage a fait l'objet de recherche à la CGC en 1972, dans les Territoires du Nord-Ouest, et on l'a appliqué à des levés de reconnaissance à grande échelle (93 000 kilomètres carrés et densité de 1 pour 26 kilomètres carrés) dans la région des lacs de l'Ours et des Esclaves. Toutefois, l'échantillonnage des sédiments profonds ou du centre des lacs, d'abord mis au point et utilisé dans le sud de l'Abitibi en 1971, et évalué de nouveau à Terre-Neuve en 1972, est par la suite devenu la technique préférée retenue pour le Programme national de reconnaissance géochimique qui a commencé par des levés régionaux à Terre-Neuve en 1973 et en Saskatchewan en 1974.

Le Programme fédéral-provincial de reconnaissance de l'uranium (PRU) a été créé en 1975 pour fournir à l'industrie des données de haute qualité en exploration de reconnaissance. Elles indiqueraient où se trouvent les plus grandes probabilités de découvrir de nouveaux gisements d'uranium et apporteraient au gouvernement fédéral des données nationales systématiques qui serviraient de base à l'évaluation des ressources en uranium. L'échantillonnage des sédiments fluviatiles et lacustres, selon une densité de 1 pour 13 kilomètres carrés, a constitué l'élément géochimique de ce programme. Suite à l'appui et à un fort encouragement de la part de plusieurs provinces, ces levés se sont poursuivis prenant la forme d'un Programme national de reconnaissance géochimique, ressuscité après l'abandon, par le gouvernement fédéral, du PRU en 1979.

Les opinions scientifiques divergentes causées par la préférence donnée à l'échantillonnage des tills dans le Groupe de la sédimentologie et des minéraux traces contre l'échantillonnage des bassins de drainage (sédiments lacustres et, là où c'est applicable, échantillonnage des sédiments fluviatiles), pour l'exploration des régions qui ont été soumises à la glaciation, préféré par les spécialistes de la géochimie d'exploration sont devenues la base de contestations scientifiques et de rivalité entre la Division de la science des terrains et la Division de la géophysique et de

la géochimie des ressources vers le milieu des années 70. Le problème s'est accentué avec l'attribution, par le gouvernement fédéral, de fonds spéciaux au Programme de reconnaissance de l'uranium entrepris par la DGGR.

De façon générale, le PRU a été reçu de façon favorable. Un questionnaire de 1977 a obtenu un pourcentage de réponse de 73% de la part des industriels, ce qui indiquait que le programme était considéré comme une entreprise appropriée de la part des gouvernements fédéral et provinciaux[4]. Toutefois, il y avait une forte opposition (50 % des répondants) à ce que la CGC fasse le suivi des données de reconnaissance recueillies pendant l'exécution du programme parce que cela constituerait une incursion non désirée du gouvernement dans le domaine de l'exploration minérale et le placerait en concurrence directe avec l'industrie. Quoique des travaux limités de suivi aient été entrepris, certains observateurs ont perçu le PRU comme un programme normal d'acquisition de données sans composante de recherche. Cela a conduit à des discussions d'ordre philosophique au sein de la CGC, voulant que le PRU était une entreprise non appropriée à la CGC.

Le Programme de reconnaissance de l'uranium et le Programme national de reconnaissance géochimique ont été bien reçus par le secteur privé et l'information qui a été publiée a stimulé l'accroissement de l'activité d'exploration minérale. Cette expérience, ainsi que d'autres facteurs, ont décidé les gouvernements provinciaux (qui contrôlent les droits minéraux, dans leur compétence respective, au Canada) à négocier des ententes quinquennales conjointes sur l'exploitation minérale avec le gouvernement fédéral pour augmenter la couverture en évaluation des ressources. Ces programmes, lancés en 1984 et qui ont continué, de façon progressive, jusqu'à l'année financière 1988-1989, sont devenus une activité dominante dans plusieurs divisions de la CGC. L'engagement de la Sous-division de la géochimie d'exploration dans les ententes sur l'exploitation minérale, par l'entremise de la Section des études géochimiques régionales, représentait environ 52 % du budget de la Sous-division qui était de 3,3 millions de dollars en 1988-1989.

L'impression continuellement grandissante, dans l'industrie et au sein des gouvernements, du besoin d'une meilleure compréhension de la stratigraphie du Quaternaire pour l'exploration minérale a donné la chance à la Division de la science des terrains de participer aux programmes des ententes sur l'exploitation minérale et, en 1988-1989, 41,5 % du budget de la Sous-division de la géologie du Quaternaire (3,48 millions de dollars) ont été consacrés aux travaux réalisés dans le cadre des ententes sur l'exploitation minérale.

Conformément à son expérience acquise, la participation de la Sous-division de la géologie du Quaternaire aux ententes sur l'exploitation minérale a consisté surtout à déterminer la répartition, l'historique et la provenance des drifts glaciaires et à démontrer l'utilisation de la géochimie appliquée à ces matériaux dans la recherche de minéraux. Pour sa part, la Sous-division de la géochimie d'exploration a effectué des levés géochimiques de bassins de drainage afin de développer et améliorer la méthodologie et constituer une base de données géochimiques nationale de haute qualité qui pourra appuyer et encourager l'industrie privée dans l'exploration minérale.

Le Comité a constaté que les différences d'idéologie scientifique qui opposaient les sous-divisions de la géologie du Quaternaire et de la géochimie d'exploration existaient toujours à l'époque des ententes sur l'exploitation minérale et, à quelques exceptions près, ont donné lieu à une concurrence négative plutôt qu'à des attitudes de collaboration positive, à la fois chez les scientifiques et les gestionnaires des deux groupes. Sans aucun doute, ces différences ont été aiguisées par la concurrence qui se faisait pour obtenir des fonds additionnels disponibles en vertu du programme des ententes sur l'exploitation minérale.

Il est évident que c'est le mandat de la Division des ressources minérales de développer des concepts et des technologies en appui à l'industrie canadienne qui s'occupe de la recherche de nouvelles ressources; le Comité croit que ce serait dans l'intérêt de tous les clients de la CGC que les activités qui se rattachent spécifiquement au développement de concepts, de technologies et de méthodologies en exploration minérale soient la responsabilité de la Division des ressources minérales. En ce qui regarde les méthodes géochimiques d'exploration, la responsabilité incomberait à la Sous-division de la géochimie d'exploration.

Il est reconnu qu'en géologie du Quaternaire, les mesures et les recherches contribuent de façon importante à définir la provenance d'une variété de faciès glaciaires et on peut, en toute confiance, prédire que les contributions de la chimie en cartographie des terrains augmenteront avec le temps. Il est aussi reconnu que l'érosion glaciaire d'un gisement minéral donne une signature distinctive et immédiatement identifiable dans les faciès glaciaires qui en résultent, ce qui aide à l'évaluation et à la clarification des idées que l'on se fait sur la provenance de ces faciès et sur les processus en cause dans leur formation. Dans ce contexte, la géochimie des tills devient un outil accessoire important et un suppléant à la minéralogie. Les signatures cibles, cependant, et les stratégies d'échantillonnage les mieux appropriées à la solution de la provenance des matériaux dans la succession quaternaire diffèrent de façon significative, dans la plupart des cas, des stratégies d'échantillonnage et des associations de métaux auxquelles on a recours afin de procéder à la recherche efficace des minéraux dans les mêmes terrains. Donc, pour atteindre les deux objectifs dans un même programme de reconnaissance, il faut nécessairement faire un compromis sur l'efficacité.

En conséquence, réaffirmer qu'en exploration le développement de concepts, de méthodes et de techniques géochimiques constitue le mandat de la Sous-division de la géochimie d'exploration ne diminue en rien l'importance économique de l'étude de la géologie du Quaternaire. Cela a

[4] Weir et col., 1979, «A Report Concerning the Geological Survey of Canada», CGC, Étude 79-6, pp. 14-18.

été démontré à plusieurs reprises et le Comité reconnaît l'importance de comprendre la géologie du Quaternaire et ses rapports avec la recherche du pétrole, la construction de pipelines et autres ouvrages commerciaux, de même que sa valeur comme aide à l'interprétation des données d'exploration minérale et à l'identification des dangers naturels et des problèmes environnementaux et des solutions à apporter.

Par conséquent, le Comité recommande, qu'à l'avenir, les programmes géochimiques des sous-divisions de la géologie du Quaternaire et de la géochimie d'exploration soient évalués de façon critique en terme d'objectifs de la Division et de la Sous-division, et que le personnel qui a acquis de l'expérience dans la détermination de la provenance et de la genèse des dépôts du Quaternaire soit transféré à la Sous-division de la géochimie d'exploration. Ce personnel doit être intégré dans un groupe reconnu, au sein de la Sous-division de la géochimie d'exploration, qui s'occupe d'étudier les matériaux morainiques et la géochimie des milieux superficiels.

En présentant ces recommandations touchant les activités en géochimie d'exploration à la CGC, le Comité ne veut en aucune façon qu'elles soient interprétées comme une évaluation négative de l'importance et de la qualité des travaux qui se font à la Division de la science des terrains.

LES EFFETS DES CHANGEMENTS DANS L'ADMINISTRATION DE LA SOUS-DIVISION DE LA GÉOCHIMIE D'EXPLORATION ET LES SOLUTIONS PROPOSÉES AUX PROBLÈMES IDENTIFIÉS

Avant les réorganisations de 1986 et 1987 à la CGC, le directeur de la Division de la géophysique et de la géochimie des ressources (DGGR) relevait directement du directeur général qui était le gestionnaire supérieur, dans la structure de gestion à la CGC. Suite à la réorganisation, les sous-divisions orientées vers l'exploration minérale se sont trouvées séparées du niveau de gestion supérieur par un niveau additionnel d'administration et de prise de décisions.

A la suite de nombreuses entrevues, il est devenu évident pour le Comité que les réorganisations ont eu des impacts variables sur le personnel de la Sous-division de la géochimie d'exploration.

Les changements, en particulier ceux de 1986, motivés pour des raisons techniques, et la désaccentuation implicite apportée à la recherche appliquée en méthodologie de l'exploration minérale au sein de la CGC, ont été introduits sans être annoncés et ont été assez traumatisants pour quelques uns des plus vieux employés de la DGGR. Le transfert du contrôle administratif des laboratoires de géochimie d'exploration à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie, et une diminution des ressources financières se sont ajoutés au désappointement et à la perte d'identité ressentis par ce personnel qui avait antérieurement travaillé de près, au niveau des projets, avec les chimistes des laboratoires, au développement de méthodes d'analyse et avaient pu compter sur du financement plus important. De plus, et en partie à cause de la nouvelle structure administrative, l'efficacité de la communication avec la gestion au sein de la Division a baissé.

Une proposition de la gestion de former une sous-division multidisciplinaire de développement en technologie d'exploration au sein de la Division des ressources minérales, qui aurait regrouper géochimistes, géophysiciens et personnel de laboratoire, présentée avant la restructuration de 1987, mais après la réorganisation de 1986, a été rejetée.

Deux géochimistes, dont les intérêts scientifiques portaient sur l'étude des processus et les études détaillées, ont accepté une invitation à se joindre à la Sous-division des gisements minéraux pour entreprendre de la recherche lithogéochimique sur la genèse des gisements minéraux et étudier les fluides de minerais au large des côtes.

Les spécialistes de la géochimie d'exploration qui se sont joints à la Sous-division, soit au cours des réorganisations ou immédiatement après, n'ont pas été touchés de façon significative et travaillent efficacement, habituellement en coordination étroite avec les scientifiques des autres sous-divisions.

L'inclusion de la Section des applications mathématiques en géologie, au moment de la réorganisation, est généralement considérée comme une décision de convenance. Quoiqu'une partie des travaux de ce groupe, petit mais de réputation internationale, ne se rattache pas directement à la géochimie d'exploration, la compétence réunie en analyse à variables multiples, en analyse d'images et en intégration d'ensembles de données d'exploration est d'une importance critique dans le développement de procédures d'interprétation géochimiques et géoscientifiques. L'efficacité de la Section de mathématique n'a pas été touchée par la réorganisation et le groupe a réussi à intégrer sa compétence à celle de scientifiques d'autres sous-divisions par l'entremise de contacts interpersonnels bien développés.

L'unité des laboratoires analytiques de la Division de la géochimie des ressources, de la DGGR, a été rétablie comme la Section du développement des méthodes d'analyse à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. Ces chimistes desservent maintenant l'ensemble de la CGC et ont moins de contact avec les cadres supérieurs qu'auparavant. Pour certains, la satisfaction professionnelle et l'interaction productive ont diminué. La Section s'occupe principalement de développer de nouvelles techniques d'analyse pour répondre à des besoins spécifiques que peuvent avoir les chercheurs scientifiques. La plus grande partie des travaux de R et D se fait en collaboration avec la Sous-division de la géochimie d'exploration, et, une fois qu'elles ont été mises au point, les techniques d'analyse sont transférées au secteur commercial où elles servent aux analyses régulières des échantillons de la CGC. Une autre tâche importante consiste à surveiller les travaux réguliers d'analyse exécutés par le secteur privé sur des échantillons géochimiques provenant du programme d'ententes sur l'exploitation minérale.

Il paraît, selon ce résumé, que la Sous-division de la géochimie d'exploration, en plus de perdre un certain contrôle et des ressources, a aussi perdu beaucoup de son entrain professionnel et de son moral à la suite de la réorganisation au sein de la CGC. La perception d'une désaccentuation de la recherche appliquée à l'exploration à la CGC, les hésitations qu'ont les scientifiques chevronnés à accepter le changement, la perte de communication et de leadership scientifique et l'inaptitude de la gestion à développer la flexibilité et les initiatives nécessaires pour exercer de l'influence dans la nouvelle organisation de la CGC ont conduit à une désorientation et à un désengagement prononcés à la Sous-division de la géochimie d'exploration.

Parce que les méthodes géochimiques sont efficaces et bien établies dans l'exploration minérale au Canada, le Comité consultatif recommande (a) que la CGC réaffirme le rôle important qu'elle a à jouer en maintenant un programme vigoureux et actif de recherche et développement sur les concepts, les technologies et les méthodes de géochimie d'exploration par l'entremise de la Sous-division de la géochimie d'exploration, et (b) de plus, que la Sous-division de la géochimie d'exploration tire tous les avantages des possibilités qu'offre l'organisation de la CGC pour revitaliser l'ensemble du programme de géochimie dans le cadre d'un programme national à long terme de cartographie et, par une participation intégrée à l'étude des problèmes d'exploration, qu'elle fasse progresser la science et la technologie de l'exploration en appui à l'industrie des minéraux. La situation présente un défi excitant en matière de créativité dans les domaines de la gestion du personnel et du leadership scientifique.

En outre, il est clair qu'à la Sous-division (et, de façon générale, au sein de la Division des ressources minérales) il existe (a) un niveau dangereusement bas de soutien technique qui se reflète dans le déséquilibre entre le nombre de chercheurs scientifiques et le nombre de scientifiques débutants et de techniciens auxiliaires et (b) la perception que qu'il y a peu de chances d'avancement à cause des limites existantes sur le nombre de chercheurs scientifiques d'expérience. En plus des recommandations déjà faites, le Comité demande avec insistance à la gestion de s'occuper de ces problèmes de personnel en trouvant les moyens de reconnaître les compétences, de réassurer les gens et d'apporter de l'aide technique additionnelle.

LA GÉOCHIMIE DE L'ENVIRONNEMENT

Parmi les nombreuses présentations faites au Comité, l'un des thèmes communs a été de recommander que la CGC ré-oriente une partie de ses ressources vers les domaines des sciences de la terre qui traitent de l'environnement. Il est maintenant plus généralement admis que les bases de données géoscientifiques, et en particulier les bases de données géochimiques, renferment une richesse d'information fondamentales pour la compréhension de l'environnement. Le Comité partage cet opinion.

Le ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources s'est préoccupé de questions d'environnement depuis plusieurs années et, en 1973, a établi un Bureau des affaires environnementales pour coordonner ses efforts avec ceux d'autres organismes fédéraux et provinciaux et de l'industrie des minéraux.

Des procédures de prévention de la pollution à suivre durant la recherche et la mise en valeur des ressources minérales ont été incorporées dans des programmes de gestion des déchets. On a entrepris des recherches sur des sources d'énergie de remplacement potentiellement moins polluantes et aussi sur des technologies améliorées d'extraction et de traitement des métaux ce qui, dans les deux cas, a conduit à des utilisations plus efficaces des ressources. On a aussi élaboré des directives pour la protection de l'environnement.

Dans un avenir prévisible, ÉMR va intensifier ses activités pour mettre sur pied un programme national de «développement durable».

Traditionnellement, à ÉMR, la CGC n'a jamais eu de mandat pour s'occuper d'études environnementales, et, jusqu'à ce jour, n'a eu que peu à faire avec des questions de cet ordre en dépit du fait qu'une quantité considérable d'information pertinente est recueillie régulièrement au cours de l'exécution des programmes de la CGC et est ajoutée à la base de données géoscientifiques.

Cependant, en mai 1988, le ministre de l'Énergie, des Mines et des Ressources a réaffirmé l'engagement du ministère envers l'environnement et cet engagement s'est matérialisé dans la planification stratégique de la CGC préparée en décembre 1988. Le plan reconnaît l'établissement d'un programme de géologie environnementale axé sur les problèmes nationaux et locaux comme une nouvelle initiative désirable à réaliser au cours de l'année financière 1989-1990. L'approche que l'on favorise en matières environnementales consiste en des programmes multidisciplinaires axés sur les problèmes.

Un récent rapport examinant le rôle prospectif de la Commission géologique du Canada (Lindseth et al., 1989) appuie aussi cet engagement. Le Comité de révision du Conseil géoscientifique canadien souligne l'interdépendance croissante et évidente des processus géologiques et des dangers naturels et provoqués, y compris la pollution des océans et des eaux souterraines, en appui à la recommandation de créer une Division de la santé et de l'environnement à la CGC.

En même temps, la Division de la science des terrains a proposé de faire des recherches afin de répondre aux objectifs de l'entreprise intitulée : «Programme international de la géosphère-biosphère : Étude du changement à l'échelle planétaire» dirigée par la Société royale du Canada. Toutefois, cette nouvelle avenue de recherche, quoique exigeant une consciencieuse évaluation des questions environnementales, n'apportera pas de changements substantiels dans les programmes de travail de la DST.

C'est en gardant en vue ces questions de base que la contribution géochimique de la CGC aux programmes environnementaux doit être examinée et évaluée.

Il y a consensus presque unanime parmi les chercheurs scientifiques et la gestion que l'engagement de la CGC dans l'étude des problèmes environnementaux est une chose désirable. C'est une conséquence de la conscience globale actuelle et du besoin de données géochimiques fondamentales concernant l'identification des problèmes et la mesure des changements environnementaux. Une compréhension critique des processus géochimiques complexes qui se produisent dans les milieux terrestres ne peut être apportée que par les géochimistes qui se consacrent à l'étude des données géochimiques régionales provenant d'une variété de milieux d'origine naturelle. Il n'y a pas, toutefois, de consensus sur le niveau ou la forme que doit prendre l'intervention géochimique. Les suggestions s'échelonnent d'une modeste augmentation dans les mesures des paramètres chimiques faites sur les échantillons recueillis au cours des programmes réguliers jusqu'à des programmes actifs de recherche en géochimie appliquée à l'environnement. L'échelle des activités recommandées varie d'études intensives des sites à des couvertures étendues de levés géochimiques à faibles densités. Toutes ces activités entreprises par d'autres commissions géologiques à l'étranger, et en particulier en Finlande et au Royaume-Uni, se sont avérées utiles aux études environnementales et épidémiologiques.

Si la CGC décide d'entreprendre de la recherche environnementale, les scientifiques sont d'avis que des programmes intégrés, axés sur les processus, pourraient être développés qui permettraient au groupe de la géochimie (par exemple) de s'intéresser à «...une étude sur les processus de transport en milieux glaciés qui inclurait l'étape de dispersion primaire par l'action des glaces, l'altération des minéraux dispersés, le transport des produits altérés par l'action des eaux ou de la gravité, le rôle des biotes dans les phénomènes de transports, le rôle de la végétation arborescente, l'importance du cycle organique...» Ces travaux s'insèreraient bien dans une Division de la santé et de l'environnement au sein de la CGC, comme l'a proposé le rapport Lindseth.

Les universitaires et les agents du gouvernement qui ont répondu au questionnaire distribué par ce Comité ont manifesté un intérêt certain pour que la CGC s'occupe d'études environnementales. La majorité des représentants de l'industrie et des laboratoires appuie aussi cette activité, quoique les quatre groupes considèrent le domaine comme d'importance et de pertinence modérées comparativement aux mandats traditionnels de la CGC (tableau 17, fig. 8, 9).

Le présent niveau de collaboration entre la CGC et les autres organismes fédéraux qui s'occupent d'environnement semble être ponctuel, selon le besoin, et fondé sur des contacts personnels. Il n'y a pas de liaison formelle avec le ministère de l'Environnement, ni avec les Forêts sauf dans le cas des programmes spéciaux de lutte contre les pluies acides et le dépérissement des érables. Cependant, des agents du ministère de l'Environnement, que le Comité a rencontrés lors d'entrevues, affirment qu'ils verraient d'un bon oeil l'établissement de programmes en collaboration avec la CGC, vu que le ministère de l'Environnement n'a pas de personnel à formation géoscientifique. Le ministère de l'Environnement se préoccupe surtout des eaux souterraines et des eaux de surface, et son personnel tente régulièrement de mettre en corrélation ses données avec les données publiées sur la géologie des formations en surface et de la roche en place comme moyen de suppléer aux données géochimiques sur l'environnement terrestre. L'enquête a révélé que les stratégies courantes d'échantillonnage et d'analyse utilisées par la CGC pour effectuer les levés géochimiques régionaux réguliers ne peuvent pas être utilisées telles quelles par les scientifiques de l'environnement, en partie (1) parce qu'ils ont besoin de levés exécutés à plus forte densité, en partie (2) parce qu'ils ont besoin de données concernant des éléments dont on ne tient pas toujours compte dans des programmes de recherche de minéraux (par ex. Al, Se et Hg), en partie (3) parce qu'ils s'intéressent aux «métaux immédiatement accessibles» plutôt qu'à des quantités que l'on ne peut identifier que par des procédés rigoureux d'extraction chimique, et en partie (4) parce que quelques unes des procédures normalisées d'analyse environnementale spécifiées par règlement ne sont pas des techniques préférées pour des levés de recherche de minéraux. La gestion de la CGC doit aussi savoir que les régions géographiques qui intéressent le ministère de l'Environnement ce sont communément les régions urbaines et périphériques, où peuvent se trouver quelques installations industrielles qui exploitent les minéraux mais qui ne sont pas économiquement attrayantes lorsqu'il est question de découverte de minéraux métalliques et de mise en valeur.

Les scientifiques de la Direction de la protection de la santé du ministère de la Santé et du Bien-être, qui a pour responsabilité première les puits domestiques, connaissent bien les programmes géochimiques de la CGC. En particulier, ils s'intéressent aux données géochimiques des morts-terrains et aux relations qu'elles ont avec la qualité des eaux souterraines. Encore une fois, il n'y a pas de liaison formelle mais plutôt un désir et un besoin de plus d'interaction et de communication avec les géochimistes de la CGC, même si on peut prévoir que les besoins spécifiques et les exigences de Santé et Bien-être différeront de ceux des levés géochimiques d'exploration minérale de façon analogue à ce que l'on a décrit dans le cas du ministère de l'Environnement.

Une décision de la CGC de promouvoir la géochimie de l'environnement exigera (a) l'emploi d'un personnel scientifique expérimenté en hydrologie et en hydrogéochimie des eaux souterraines, domaines de recherches qui ont été soustraits à la CGC et transférés à l'Environnement il y a de nombreuses années, et (b) l'acquisition de matériel de recherche sur le terrain et d'installations de laboratoires qui pourront fournir échantillons pertinents et analyses appropriées aux études environnementales. Ce qui est plus sérieux, cependant, c'est qu'il est à prévoir que la redistribution nécessaire des ressources financières et scientifiques au sein de la CGC va inévitablement conduire à une dilution des compétences, de l'énergie et des fonds qui étaient consacrés aux applications établies et importantes de

la géochimie aux minéraux. Non seulement cette désaccentuation influera sur la conception et le contenu des programmes de géochimie d'exploration mais, très vraisemblablement, influera sur les programmes actuels de développement de méthodes d'analyse et probablement les anéantira.

En conséquence, parce que les régions géographiques en cause et les exigences des levés environnementaux en matière d'échantillonnage et d'analyse souvent entreront en conflit avec les programmes et procédures de levés existants, le Comité ne recommande pas que la CGC devienne un chef de file en recherches géochimiques connexes à l'environnement. Cela détournera des ressources considérables de missions établies et importantes qui consistent à fournir de l'information pertinente à la recherche de minéraux et à l'évaluation des ressources.

Tout en étant ferme dans ses recommandations concernant le rôle pilote de la CGC en levés environnementaux détaillés, le Comité consultatif, en se fondant sur l'étude qu'il a faite de la recherche géochimique à l'échelle mondiale, reconnaît que des levés géochimiques régionaux, bien planifiés, de sédiments lacustres, de tills et d'autres milieux peuvent fournir des données fondamentales valables sur les ressources minérales, la géologie des formations en surface et l'environnement comme l'illustrent les deux exemples suivants :

(i) Les scientifiques de la CGC, dans une étude des caractéristiques géochimiques et lithologiques des dépôts glaciaires sus-jacents aux roches cristallines du Précambrien, d'Ottawa à la baie Georgienne, ont révélé les liens de composition entre la roche en place, les drifts glaciaires et les écosystèmes modernes représentés par les lacs glaciaires. Cela démontre que les caractéristiques chimiques des lacs et leur sensibilité probable aux pluies acides peuvent être prédites par une étude de la géologie glaciaire et de la roche en place. Les auteurs font bien sentir que la contribution d'origine anthropique aux éléments traces par les pluies acides (ou autrement) ne peut être évaluée sans comparaison avec les mêmes variations géochimiques locales, entièrement naturelles, lesquelles à leur tour reflètent communément et fréquemment un potentiel de minéralisation.

(ii) D'autres pays, en particulier la Norvège, la Suède et la Finlande, le Royaume-Uni et l'Allemagne de l'Ouest ont, collectivement ou individuellement exécuté des programmes régionaux d'échantillonnage mettant en cause une variété de milieux et à des densités variant d'un échantillon par kilomètre carré à un pour 300 kilomètres carrés. Les résultats de ces levés ont été publiés sous formes d'*atlas géochimiques* illustrant les formes naturelles et la répartition d'une variété d'éléments. Quoique les mérites et l'utilité de ces bases de données régionales aient été l'objet de controverses à plusieurs reprises, elles sont maintenant considérées comme des entreprises hardies, innovatrices et extrêmement enrichissantes. Non seulement les programmes ont été significatifs en ce qui regarde la géologie et la répartition des gisements minéraux, mais ils ont stimulé le développement technique et engendré des avantages économiques par le transfert de technologie. De plus, les données présentées sous forme d'atlas sont maintenant considérées comme possédant une valeur inestimable pour d'autres disciplines, en particulier, comme bases de données pour de la recherche en géochimie, en épidémiologie et autres études environnementales, en agriculture et en foresterie.

Il est donc recommandé que la CGC crée un groupe de travail réunissant des agents de la CGC, de l'Environnement, de Santé et Bien-être ainsi que d'autres agents appropriés du gouvernement et du secteur privé qui aura pour tâche (a) d'évaluer l'étendue et les buts des bases de données géochimiques existantes et qui sont le produit des programmes de la CGC (b) de définir la valeur de ces bases de données géochimiques existantes pour des groupes de scientifiques de l'environnement et (c) d'examiner comment les protocoles existants d'échantillonnage et d'analyse en géochimie d'exploration peuvent être modifiés afin de fournir des données utiles concernant l'environnement sans compromettre *d'aucune façon* la qualité et la quantité du produit et des ressources nécessaires pour maintenir et accroître la contribution de la CGC à l'industrie d'exploration minérale par la cartographie et la recherche géochimique.

Le Programme national de reconnaissance géochimique (PNRG) exécuté avec densité de prélèvements d'un échantillon pour 2 kilomètres carrés à un pour 13,5 kilomètres carrés, de toute évidence fournit des données significatives du point de vue environnemental en plus de répondre à son rôle primaire d'accroître les bases de données sur la géologie et les ressources minérales. Depuis 1975, le PNRG a permis de couvrir environ 20 % des 9 976 000 kilomètres carrés de la superficie canadienne. Même en s'en tenant aux intentions originales de ne couvrir que les régions à potentiel minéral probable ou possible, aux niveaux actuels de financement, on prévoit qu'il faudra de 40 à 50 ans à la CGC pour terminer les travaux.

En se fondant sur l'expérience scandinave, le Comité recommande au groupe de travail proposé qu'une approche à deux volets à la cartographie géochimique du Canada (décrite avec plus de détails dans le manuscrit de M. Davenport, inclus à l'appendice B) soit établie de façon à comprendre, outre l'actuel PNRG, un levé à ultra-faible densité, en milieux multiples et à l'échelle nationale (1 échantillon pour 300-500 kilomètres carrés). Comme M. Davenport le soutient, des levés à ultra-faible densité (a) permettraient d'obtenir une vue globale relativement rapide et à plusieurs facettes du paysage géochimique que l'on pourrait appliquer à des questions plus fondamentales en géologie, en ressources minérales et en environnement, (b) créerait un cadre géochimique auquel on pourrait rattacher les données de levés plus détaillés (PNRG) et, en même temps, (c) fournirait la base régionale de données chimiques pour des suivis en études environnementales appliquées qui exigeraient des procédures d'échantillonnage et d'analyse non susceptibles d'application directe en évaluation des ressources minérales.

SONDAGE D'OPINIONS SUR LES TRAVAUX EN GÉOCHIMIE D'EXPLORATION À LA COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

Pour recueillir de l'information fiable et ainsi remplir son mandat, le Comité a fait un sondage afin de déterminer dans quelle mesure le groupe de géochimie à la CGC répond aux besoins de ses diverses classes de clients et comment ces groupes de clients perçoivent le travail et le rendement des scientifiques à la CGC.

Un questionnaire a été envoyé à un groupe choisi de personnes compétentes et expérimentées en géochimie qui oeuvrent (a) dans l'industrie minière et l'exploration minérale, (b) comme conseillers de l'industrie de l'exploration minérale, (c) dans les universités, (d) au sein des gouvernements provinciaux et (e) dans des laboratoires commerciaux qui offrent des services d'analyse géochimique.

Le questionnaire (voir l'appendice C) est divisé en quatre sections. (1) La première section (partie A) demande de l'information, comme le nom du répondant et son affiliation. Les réponses à cette section sont conservées de façon strictement confidentielle par le Comité. (2) La deuxième section (partie B) vise à obtenir de l'information de base sur les répondants, de même que sur l'intérêt suscité par une gamme de travaux géochimiques et l'utilisation qui en est faite. (3) La troisième section du questionnaire (partie C) cherche à mesurer la connaissance qu'ont les répondants des activités des divers groupes de géochimie à la CGC et de ce qu'ils ont à offrir, et à déterminer si ces travaux desservent bien les besoins des clients. (4) Dans la quatrième section du questionnaire (partie D), les répondants devaient donner leur opinion sur (i) ce qu'ils considèrent comme des travaux appropriés à la CGC et pertinents par rapport à leurs propres travaux, (ii) les autres sources d'informations géochimiques qui sont disponibles ou qui devraient l'être, et (iii), question difficile pour la plupart des répondants, le rendement des divers groupes à la CGC qui s'occupent de géochimie.

De plus, les parties E, F et G qui s'adressent respectivement aux répondants des universités, des gouvernements et des laboratoires, posent des questions qui sont spécifiquement axées sur l'interaction avec la CGC comme le financement d'études conjointes régionales et l'affermage des analyses. Le Comité n'a pas poussé le sondage du côté de l'environnement puisque, en ce moment, l'engagement de la CGC dans ce domaine est minimal. De même, les questionnaires n'ont pas été envoyés aux utilisateurs de données géochimiques de l'industrie pétrolière.

Au total, 163 questionnaires ont été envoyés et 103 ont été retournés, ce qui donne un taux de réponse de 63,2 % (tableau 2). Quoique le nombre absolu de répondants répartis dans les groupes des universités, des gouvernements et des laboratoires est petit, (tableau 2), il ne faut pas oublier qu'il représente une forte proportion de la population «géochimiquement active» dans ces groupes au Canada. Le taux de réponse relativement faible des laboratoires vient du fait que, si beaucoup de laboratoires font des travaux de géochimie, peu offrent la gamme complète des services que l'on peut obtenir des laboratoires établis à l'échelle nationale.

L'énorme quantité d'informations fournies par le questionnaire a nécessairement été condensée et simplifiée aux fins de ce rapport.

Quelques-unes des questions comprises dans le questionnaire sur la géochimie d'exploration, en particulier celles qui se rapportent aux résultats des travaux, sont semblables à celles qui se trouvaient dans le questionnaire conçu en fonction du rapport de la CGC intitulé : «An Examination of the Output of the Geological Survey of Canada» publié comme Étude 82-6, partie 1. (Coope et col., 1982). Même si des renvois sont faits à cette publication, le Comité encourage fortement la direction de la CGC à faire ses propres comparaisons des résultats des deux enquêtes et des conclusions et recommandations des deux comités consultatifs.

Dans les observations qui vont suivre, l'absence de réponse de la part d'une personne, à une partie du questionnaire, a été interprétée comme l'expression une opinion inexistante.

Nous pensons que tous les aspects significatifs des rapports entre les travaux géochimiques de la CGC d'une part, et d'autre part l'industrie, les gouvernements et les universités, qui utilisent les résultats de ces travaux, ont été traités par le questionnaire, et le haut taux de réponse à ce sondage est une indication des préoccupations et des intérêts des groupes clients.

Profil de la clientèle des données géochimiques de la CGC (questions B-3, B-7)

Les réponses à cette partie du questionnaire sont venues de partout au pays, de clients appartenant aux quatre groupes. Les travaux des répondants se concentrent surtout dans les régions du Bouclier, de la Cordillère et des Appalaches, ce qui est un reflet de la démographie, des responsabilités et des travaux d'exploration minérale (tableau 3).

Tableau 2. Réponses au questionnaire.

	ENVOYÉ	RETOURNÉ	%	
Industrie de l'exploration				
Gros producteurs	32	28	87	
Petits producteurs	16	10	62	71%
Sociétés d'exploration	21	15	71	
Sociétés d'experts-conseils	15	7	46	
Universités	15	10	66	66%
Gouvernements	21	18	85	85%
Laboratoires	43	15	34	34%
	163	103	63.2	

Tous les groupes qui ont fait l'objet du sondage ont déclaré que le but principal des travaux géochimiques était la découverte de nouveaux gisements minéraux (tableau 4). Vient ensuite la recherche sur les minéraux, très souvent mentionnée par les répondants des milieux universitaires et gouvernementaux. De plus, les organismes gouvernementaux ont dirigé une part importante de leurs efforts en géochimie vers la cartographie géologique et le développement de nouvelles méthodes géochimiques. Le développement de méthodes représente aussi une grande partie des travaux géochimiques dans les universités et, et sans surprise évidemment, dans les laboratoires. Parmi les répondants, seuls les groupes gouvernementaux ont déclaré utiliser les techniques géochimiques, à quelque degré que ce soit, dans des études en science des terrains.

Tableau 3. Zone géographique d'intérêt des répondants.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
Cordillère occidentale	67	50	39	80
Bassin sédimentaire de l'ouest	10	0	50	60
Îles de l'Arctique	5	20	33	47
Bouclier précambrien	77	60	78	80
Basses terres de l'Est	11	0	28	47
Appalaches	31	30	61	53
Offshore canadien	0	0	5	40
À l'extérieur du Canada	42	60	0	67

Tableau 4. But de l'activité géochimique.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
Recherche de minéraux	100	70	67	60
Développement de méthodes	18	70	50	47
Études environnementales	11	20	38	37
Études en science des terrains	5	0	34	14
Recherche en gîtologie	38	80	72	37
Cartographie et recherche en géologie	28	20	55	37

Des efforts modérés seulement sont consacrés à l'application de la géochimie aux études environnementales, et les pluies acides n'ont été mentionnées, de façon spécifique, que par un seul répondant du groupe gouvernemental. Cela s'explique du fait que les principaux groupes clients de la CGC, actuellement, ne comprennent pas de masse importante dont les intérêts porteraient sur les études environnementales. Les scientifiques qui oeuvrent dans le secteur de l'environnement, en grande majorité, ne connaissent pas les activités et les banques de données géochimiques de la CGC. On peut s'attendre à ce que cela change à mesure qu'augmentera la communication entre des groupes comme ceux de Santé et Bien-être, du ministère de l'Environnement, etc.

On peut conclure qu'un groupe de clients approprié a été ciblé et a répondu au questionnaire.

Intérêt et utilisation de l'information géochimique (questions B-4, B-5, B-6)

Le tableau suivant (tableau 5) indique l'intérêt suscité par les diverses applications de la géochimie et l'utilisation qui en est faite parmi les répondants, en pourcentage des réponses reçues. En lithogéochimie, les éléments majeurs autant que les éléments traces suscitent un intérêt marqué et sont très utilisés. Le Comité a observé l'absence d'un effort important dans ce domaine à la CGC, sauf lorsqu'il s'agit de modélisation des gisements.

L'industrie et les laboratoires ont déclaré des niveaux d'activité élevés en échantillonnage régional tant fluviatile que lacustre, en échantillonnage des sols, en échantillonnage du drift glaciaire et en échantillonnage des minéraux lourds. Ce résultat s'explique par l'étroite symbiose dans laquelle travaillent l'industrie de l'exploration et les laboratoires commerciaux.

Tableau 5. Intérêt et utilisation de la géochimie parmi la clientèle de la CGC.

	Industrie n=60 %		Universités n=10 %		Gouvernements n=18 %		Laboratoires n=15 %	
	Int.	Ut.	Int.	Ut.	Int.	Ut.	Int.	Ut.
Échantillonnage fluviatile régional	11	67	60	10	38	38	7	60
Échantillonnage lacustre régional	23	48	50	20	22	38	13	53
Échantillonnage des sols	8	89	30	50	11	50	7	66
Échantillonnage de roches entières	13	75	20	70	0	67	0	80
Éléments traces dans les roches	7	89	20	80	0	50	0	75
Hydrogéochimie	13	11	20	30	0	38	20	46
Géochimie gazeuse	13	5	30	0	22	11	0	7
Biogéochimie	28	18	50	20	34	28	13	53
Minéraux lourds	13	67	40	30	11	38	0	53
Échantillons de drifts (tills compris)	20	55	50	20	5	55	0	66
Isotopes stables	20	7	10	20	5	22	0	7
Inclusions fluides	25	15	30	10	5	11	0	7
Géochimie organique	8	5	10	10	28	0	0	13
Géochimie de l'environnement	11	8	0	30	34	5	7	40

La biogéochimie et l'hydrogéochimie font l'objet d'un niveau d'activité moyen dans la plupart des groupes de clients et constituent une source importante d'échantillons pour les laboratoires. Sauf chez le groupe des laboratoires, l'intérêt pour la biochimie est plus fort que la technique présentement utilisée.

Les niveaux d'intérêt et d'utilisation sont nettement plus faibles dans le cas de certaines disciplines de la géochimie, notamment en géochimie gazeuse et organique, en géochimie des isotopes stables et en géochimie des inclusions fluides. Dans ces deux derniers cas, le niveau d'intérêt dépasse nettement le niveau d'utilisation au sein de l'industrie.

La répartition des activités parmi les répondants de l'industrie est conforme aux réponses données à une autre question (**D-2**) au sujet de la pertinence des diverses catégories de travaux, ce qui renforce la crédibilité des réponses reçues. La plupart des répondants de l'industrie utilisent entre 3 et 7 différentes techniques dans le cadre de leurs travaux d'exploration. Quelques-uns en utilisent moins de trois ou plus de huit. Cela indique un usage répandu et sélectif de ce que l'on pourrait appeler les «matériaux d'échantillonnage normalisés» comme les sols, les sédiments fluviatiles, les roches et les minéraux lourds, mais aussi le fait que l'on ne connaît pas ou que l'on refuse d'utiliser d'autres matériaux d'échantillonnage qui exigent des méthodes de prélèvement, d'analyse ou d'interprétation plus élaborées.

Toutes les universités et sept des dix organismes gouvernementaux ont des laboratoires géochimiques, tandis qu'un cinquième des répondants de l'industrie en ont. Environ la moitié des organismes gouvernementaux emploient des géochimistes professionnels, contre à peine 20 % dans l'industrie et les universités, et 10 % dans les laboratoires (tableau 6). Dans tous les cas, ces professionnels ne prélèvent en fait eux-mêmes qu'un petit nombre d'échantillons, mais par ailleurs ils sont responsables du travail des géologues et du personnel temporaire qualifié qui prélèvent la majorité des échantillons géochimiques. Au gouvernement, plus de la moitié des échantillons sont prélevés par des entrepreneurs, vu le volume considérable de levés géochimiques régionaux qui sont actuellement réalisés conjointement par les gouvernements fédéral et provinciaux dans le cadre des ententes sur l'exploitation minérale.

Communication et utilisation des données géochimiques de la CGC

Les résultats des travaux géochimiques des divers groupes de la CGC sont communiqués aux utilisateurs sous forme d'articles et de cartes qui paraissent à la fois dans les publications de la CGC et dans les revues externes. La communication informelle et verbale est un autre outil de diffusion important pour faire connaître aux clients le large éventail d'études géochimiques effectuées à la CGC. On a énuméré dans le questionnaire les principales sources d'information géochimique de la CGC, et on a demandé aux répondants s'ils étaient au courant de leur existence.

On se rend compte que les travaux géochimiques de la CGC sont très mal connues parmi la clientèle (tableau 7).

Alors que seulement 9 % des répondants de l'industrie ne connaissent pas l'étendue des activités géochimiques de la CGC, la proportion est beaucoup plus grande chez les autres clients, allant jusqu'à 80 % dans le cas des laboratoires. Le pourcentage de répondants qui ne connaissent pas la nature des travaux géochimiques menés par les sous-divisions de la CGC est beaucoup plus important encore, et ce dans tous les groupes de répondants, atteignant 80 et 93 % dans les universités et les laboratoires respectivement.

Les travaux en géochimie organique qui se font à l'Institut de géologie sédimentaire et pétrolière de Calgary sont pratiquement inconnus des répondants. Il faut dire que ce laboratoire dessert principalement les activités que poursuit la CGC en géologie pétrolière et que l'industrie pétrolière ne faisait pas partie du sondage.

Un répondant a admis que le simple fait de remplir le questionnaire lui avait fait beaucoup mieux connaître les travaux de la CGC. Un autre a déploré «ne pas connaître les employés de la CGC qui exécutent des études en géochimie, ni leurs fonctions particulières, ni les études dont ils s'occupent».

Étonnamment, le bulletin d'information mensuel de la CGC est reçu par un très faible nombre de répondants; même dans l'industrie, à peine un répondant sur cinq reçoit cette publication qu'il s'agisse de petits ou de gros producteurs, de sociétés d'exploration ou de consultants (tableau 7). Il y a donc un important groupe de gens dans l'industrie de l'exploration qui n'est pas mis au courant, au moyen de ce bulletin, des travaux courants du personnel de la CGC. Un certain nombre de répondants ont fait état d'un manque d'information au sujet des travaux géochimiques de la CGC souhaitent voir un effort accru au chapitre des relations publiques. Cette question est de nature à intéresser un grand nombre de personnes, puisque le bulletin envoyé aux compagnies est lu par beaucoup de gens.

Tableau 6. Personnel préposé au prélèvement d'échantillons.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
Géochimistes	23	20	44	10
Géologues	92	30	37	20
Stagiaires à temps plein	46	20	68	25
Stagiaires à temps partiel	73	20	62	25
Entrepreneurs	40	10	52	20

Tableau 7. Sensibilisation aux travaux géochimiques de la CGC.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
Ne connaissent pas l'étendue des travaux	9	30	16	80
Ne connaissent pas la nature des travaux	30	80	28	93
N'ont pas reçu le bulletin	30	70	44	66

Tableau 8. Supports d'information les plus couramment utilisés en géochimie.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
Imprimés	64	70	61	33
Fiches	6	0	0	0
Bandes	2	0	11	0
Disques	7	0	16	0

Tableau 9. Sources de données géochimiques de la CGC les plus fréquemment utilisées.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15* %
Bibliothèques				
Bibliothèques des entreprises	58	--	5	13
Bibliothèques universitaires	10	90	11	6
Bibliothèques gouvernementales	27	10	72	27
Bibliothèques publiques	2	0	0	0
Bibliothèques personnelles	17	60	22	6

* Haut pourcentage n'ayant pas répondu

Tableau 10. Communication personnelle avec les géochimistes de la CGC.

	Industrie n=60		Universités n=10		Gouvernements n=18		Laboratoires n=15	
	Rar	Souvent	Rar	Souvent	Rar	Souvent	Rar	Souvent
Sur le terrain	46	7	40	20	44	5	13	0
Au bureau de la CGC	56	7	50	0	55	6	6	27
Au cours des ateliers, etc	54	25	30	50	40	19	34	34
Au téléphone	56	10	60	20	72	23	40	27
Par la poste	34	3	50	10	55	22	40	0

À cette méconnaissance générale des travaux géochimiques de la CGC on peut attribuer le fort pourcentage de répondants qui se sont abstenus de répondre à quelques-unes des questions du comité, autre signe de la crédibilité des réponses reçues.

Il est évident que le mode de diffusion des données géochimiques a une influence sur le degré d'utilisation de cette information. Le support papier est de loin le plus fréquemment utilisé, question d'habitude certes, mais aussi en raison de sa commodité (tableau 8). Les données sur microfiches ou sur bandes d'ordinateur sont à peine utilisées. Dans le cas des bandes d'ordinateur, le résultat obtenu s'explique probablement par le fait que le client moyen ne dispose pas du matériel requis pour lire des bandes magnétiques, ou encore qu'il n'est pas au courant, de façon générale, de l'existence de ce support d'information. Quant aux microfiches, elles sont diffusées avec des publications, notamment les dossiers publics, depuis quelques années; leur faible utilisation est peut-être due à l'absence générale de ce mode de diffusion au sein de la clientèle, même si ce support d'information a l'avantage de pouvoir donner une représentation graphique des données et celui d'être portable. Par ailleurs, les disquettes d'ordinateur sont de plus en plus utilisées, depuis que la CGC a adopté ce type de support d'information en 1987.

Dans son enquête sur les produits de la CGC, en 1982, Coope avait constaté que la principale source d'information de la CGC utilisée par les groupes ayant participé au sondage était la bibliothèque de l'employeur ou encore les bibliothèques personnelles (tableau 9). Une autre source d'information utilisée par une importante minorité de gens dans l'industrie de l'exploration est la bibliothèque que l'on trouve habituellement dans les bureaux régionaux de la CGC. Elle est particulièrement utile aux petites entreprises et aux personnes qui n'ont pas les moyens d'acheter toutes les publications de la CGC dont elles ont besoin.

Selon un des répondants, «la meilleure façon d'avoir accès aux données de la CGC et, plus important encore, de découvrir des données non publiées, des opinions, des idées, etc., est d'aller se promener dans le labyrinthe des bureaux d'Ottawa et de jaser avec les personnes compétentes».

La communication personnelle entre la clientèle et les géochimistes de la CGC est peu fréquente, malgré que les possibilités de contact sont nombreuses (tableau 10). Seuls les ateliers et les conférence donnent lieu à des contacts personnels entre une proportion notable des clients de la CGC et les géochimistes de la CGC. Il est permis d'affirmer que le niveau actuel de la communication interpersonnelle est adéquat et réaliste, mais au moins un répondant de l'industrie s'est dit d'avis que les contacts sur le terrain pourraient être améliorés dans l'intérêt des deux parties.

L'absence de bureau de la CGC au Québec a été mentionnée comme une des raisons du manque de communication dans cette province. Or un bureau est actuellement en voie d'établissement au Québec, ce qui devrait contribuer à résoudre ce problème. Un autre répondant s'est interrogé sur l'absence de géochimiste de la CGC à Vancouver. Cette question nous fait dire que les utilisateurs des techniques géochimiques aimeraient avoir des contacts plus étroits avec leurs collègues de la CGC, ce qui pourrait se faire en affectant des géochimistes dans les bureaux régionaux. «La CGC devrait davantage se montrer ouverte et accueillante, et inviter les gens à poser des questions et à recourir à sa compétence.»

Les diverses sous-divisions de la CGC publient leurs données géochimiques sous forme de mémoires, de rapports et de bulletins, de même que sous forme de dossiers publics conçus pour diffuser rapidement de l'information nouvelle et actuelle à la communauté des utilisateurs. Des chercheurs de la CGC soumettent également des articles sur leurs travaux en géochimie à des journaux internationaux de prestige. En plus de ces canaux officiels, un volume d'information considérable est diffusé par voie de participation à des colloques, ateliers et autres réunions qui se tiennent au Canada et à l'étranger. Le Comité a tenté d'évaluer la fréquence d'utilisation des divers types de données géochimiques au sein de la clientèle, leur actualité, leur utilité, leur pertinence et leur qualité. Pour ce faire, il a utilisé les quatre catégories d'information mentionnées ci-dessus, à savoir les publications officielles, les dossiers publics, les journaux externes et les données non publiées.

Fréquence d'utilisation (question C-3)

Les données géochimiques diffusées par la CGC sous forme de dossiers publics, de journaux externes ou de publications officielles sont utilisées par une forte proportion des répondants au moins une fois par année (tableau 11, fig. 2). Les publications officielles et dossiers publics sont consultés au moins une fois par mois par 10-30 % des répondants de l'industrie, des gouvernements et des laboratoires, tandis que les universités utilisent au moins une fois par mois l'information publiée dans les journaux externes. Les données non publiées sont utilisées moins fréquemment que les autres catégories d'information.

Actualité et fiabilité/qualité scientifique (question C-3)

Une forte proportion de répondants, dans tous les groupes ayant participé au sondage, s'est abstenue d'émettre une opinion sur l'actualité et la fiabilité/qualité scientifique des données géochimiques de la CGC (tableaux 12 et 13; fig. 3 et 4). D'après les points de vue exprimés, il est évident que les travaux géochimiques de la CGC jouissent d'une très haute considération parmi tous les groupes de clients; dans la plupart des cas, l'actualité des données géochimiques a été qualifiée de satisfaisante ou très satisfaisante.

Voici quelques commentaires significatifs : «La qualité des données géochimiques de la CGC est au-dessus de tout reproche, comme toujours. Le délai de diffusion, cependant, pourrait être meilleur.» «La qualité des publications de la CGC est uniformément élevée, mais le volume des publications officielles (qui nous renseignent sur les progrès de la recherche) est faible au point d'être inacceptable.» «A l'exception de certains chercheurs prolifiques, la plupart des géochimistes poursuivent des recherches intéressantes et pertinentes dont les résultats sont publiés, quand ils le sont, au moins plusieurs années après que les études ont été achevées.»

Satisfaction des besoins des clients (question C-4)

A la question de savoir dans quelle mesure les données géochimiques de la CGC répondent à leurs besoins, les quatre groupes ont répondu favorablement, moins de 20 % des répondants estimant que les données de la CGC, toutes catégories d'information confondues, sont passables (tableau 14; fig. 5). Il convient de noter que le tiers des répondants des laboratoires se sont abstenus de tout commentaire. Les groupes de l'industrie et des gouvernements se sont dit particulièrement satisfaits des dossiers publics de la CGC, ce qui indique un appui en faveur des levés géochimiques régionaux de reconnaissance. Les travaux de la CGC publiés dans des journaux externes ont été jugés, en comparaison, moins satisfaisants du point de vue des besoins des groupes de clients. Cela fait écho aux préoccupations exprimées dans les réponses aux questions précédentes. Dans l'ensemble, il ressort des réponses que les groupes de clients s'estiment bien servis par les produits géochimiques de la CGC.

Tableau 11. Fréquence d'utilisation des données géochimiques.

Groupe/Produit	Au moins une fois par mois %	Au moins une foir par année %	Moins d'une fois par année %	Jamais %	Sans opinion %
Industrie n=60					
Publications officielles	26	59	11	2	2
Dossier publics	21	63	8	5	3
Journaux externes	13	34	36	13	3
Données non publiées	2	43	31	21	3
Universités n=10					
Publications officielles	10	60	30	0	0
Dossier publics	0	40	60	0	0
Journaux externes	30	60	10	0	0
Données non publiées	0	20	40	0	10
Gouvernements n=18					
Publications officielles	28	50	22	0	0
Dossier publics	11	50	33	6	0
Journaux externes	11	50	28	11	0
Données non publiées	6	38	34	22	0
Laboratoires n=15*					
Publications officielles	20	40	13	7	20
Dossier publics	13	20	27	13	27
Journaux externes	13	53	7	0	26
Données non publiées	7	20	20	20	33

* Fort pourcentage n'ayant pas répondu

Productivité évaluée d'après la production géochimique par la CGC (question C-5)

À l'exception du groupe des universités, un assez fort pourcentage de répondants a répondu «sans opinion» à cette question, même dans le groupe de l'industrie (tableau 15, fig. 6). Cela tient probablement à la difficulté, pour les utilisateurs, de porter un jugement honnête sur cet attribut de la géochimie pratiquée à la CGC. Parmi ceux qui ont exprimé un point de vue, ce sont les répondants des universités qui ont proportionnellement l'opinion la plus favorable au sujet de la productivité de la CGC. Une forte proportion du groupe de l'industrie ne s'est montrée que partiellement satisfaite de la productivité de la CGC.

Utilisation et application (question C-3)

Le questionnaire révèle que les produits géochimiques de la CGC, toutes formes confondues, sont utilisés en premier lieu comme sources d'information (tableau 16, fig. 7). Les sociétés d'exploration et les universités utilisent également les publications officielles et les dossiers publics pour stimuler la recherche d'idées nouvelles en exploration. Les laboratoires trouvent l'information la plus utile sur les techniques d'analyse dans les journaux externes, les publications officielles et les sources non publiées. Les données géochimiques de la CGC sont utilisées dans une moindre mesure pour développer des méthodologies de terrain et des techniques d'interprétation. Un des répondants a exprimé en ces termes la difficulté à assimiler les ensembles de données numériques et à développer des méthodes de

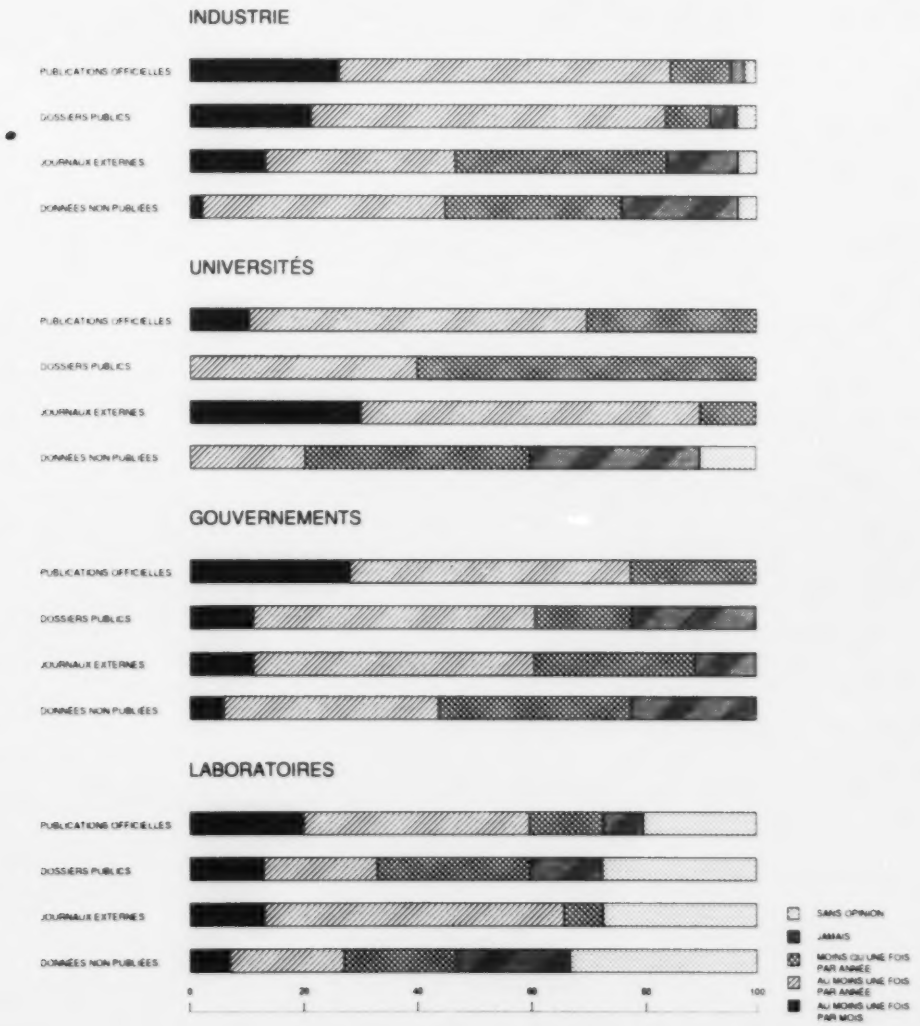

Figure 2. Fréquence d'utilisation des données géochimiques.

terrain et des techniques d'interprétation : «On augmenterait considérablement l'utilité d'un dossier public si le géochimiste responsable de sa publication prenait le temps d'évaluer et de commenter les données, au lieu de simplement les présenter sous forme de tableaux.»

Dans la dernière section de la partie générale du questionnaire (section D), les répondants étaient invités à évaluer le rendement des activités géochimiques de la CGC et leur pertinence compte tenu de leurs besoins. Ils devaient donner leurs points de vue sur une liste d'activités classées en deux grandes catégories : levés régionaux et recherches géochimiques appliquées.

Activités géochimiques appropriées à la CGC (question D-1)

Les universités canadiennes croient que la CGC devrait être active dans tous les types de levés régionaux et domaines de recherche géochimiques énumérés dans le questionnaire (tableau 17; fig. 8). Les groupes de l'industrie et des gouvernements sont eux aussi en faveur d'un niveau d'activité élevé, mais leurs opinions sont plus nuancées. Les activités de la CGC les plus visibles actuellement sont celles qui reçoivent le plus large appui des répondants, c'est-à-dire les levés régionaux par échantillonnage de sédiments fluviatiles et lacustres, de même que par échantillonnage du drift. Les levés régionaux par échantillonnage des minéraux lourds et de l'eau sont moins populaires.

Dans le domaine de la recherche appliquée, les répondants appuient fortement les travaux de la CGC en géochimie des gisements minéraux, de même que la recherche lithogéochimique appliquée. Au sein de l'industrie et des gouvernements, on juge très opportune la recherche appliquée qui se fait à la CGC en géochimie des matériaux d'échantillonnage les plus couramment utilisés dans les levés régionaux, en vue d'améliorer la méthodologie et les techniques d'interprétation. Cette opinion contraste nettement avec les réponses données il y a une dizaine d'années à un sondage sur le Programme de reconnaissance de l'uranium (Weir, 1979).

La biogéochimie est également considérée comme un sujet de recherche approprié; en fait, la CGC est actuellement un chef de file dans ce domaine. Les répondants sont nettement en faveur du développement de méthodes d'analyse ainsi que des travaux qui se font en gestion des données et en techniques d'interprétation. Un appui moins large, mais tout de même important, est accordé par tous les groupes à la géochimie gazeuse et à l'hydrogéochimie, de même qu'aux autres activités de recherche en géochimie organique, en géochimie des inclusions fluides et des isotopes, et en géochimie de l'environnement. Les activités qui obtiennent le moins de suffrages sont les aspects de la géochimie qui sont indépendants de l'exploration, comme en témoigne le commentaire suivant : «Tous les types d'études géochimiques énumérés sont généralement importants et bien exécutés par la CGC, mais ils ne sont pas également pertinents. L'accent devrait être mis sur la géochimie d'exploration, en particulier sur ses aspects qui rendent l'exploration plus efficace et efficiente.» Tous les groupes de répondants sont d'accord pour que la CGC participe à des études environnementales, sans toutefois en faire une activité prioritaire.

Un fort pourcentage de répondants des laboratoires s'est malheureusement abstenu de tout commentaire. Ceux qui ont exprimé un point de vue appuient dans une large mesure la position des groupes de l'industrie et des gouvernements.

Tableau 12. Actualité des données géochimiques de la CGC.

Groupe/Produit	Très satisfaits %	Satisfaits %	Insatisfaits %	Très insatisfaits %	Sans opinion/ Pas de réponse %
Industrie n=60					
Publications officielles	5	50	20	7	18
Dossier publics	15	62	8	0	15
Journaux externes	5	44	5	0	46
Données non publiées	10	43	3	0	44
Universités n=10					
Publications officielles	20	70	10	0	10
Dossier publics	30	50	10	0	10
Journaux externes	10	50	0	10	30
Données non publiées	10	20	0	0	70
Gouvernements n=18					
Publications officielles	11	56	11	0	22
Dossier publics	28	50	5	0	17
Journaux externes	17	50	5	0	28
Données non publiées	11	39	5	0	45
Laboratoires n=15					
Publications officielles	7	27	13	0	53
Dossier publics	0	33	7	0	60
Journaux externes	7	20	13	7	53
Données non publiées	7	27	0	0	66

Le fort appui exprimé en faveur des travaux de la CGC reliées aux levés régionaux indique que l'on approuve massivement les projets exécutés conjointement par les gouvernements fédéral et provinciaux dans le cadre du Programme national de reconnaissance géochimique. On estime que les commissions et ministères des mines des provinces sont logiquement les autres sources les plus probables de données sur les levés géochimiques, et que la recherche sur les techniques d'exploration géochimique devrait être complémentée par des travaux universitaires. Les opinions varient cependant : «Dans la mesure du possible, la CGC devrait laisser exécuter les levés de routine par les organismes provinciaux. Je vois le rôle de la CGC comme celui d'un chef de file national dans les recherches visant à développer et à perfectionner des méthodes d'exploration géochimique.» D'autres considèrent qu'une augmentation des travaux en matière de développement de méthodes et de techniques d'analyse et une intensification de la recherche sur la géochimie d'exploration/la gîtologie dans les universités assureraient la disponibilité permanente de spécialistes très qualifiés qui soient capables de prendre en charge les activités géochimiques reliées à l'exploration, ce qui entraînerait un transfert de fonds de la CGC en faveur des universités.

D'autres commentaires formulés au sujet des questions soulevées par cette partie du questionnaire ont trait à la portée générale des activités géochimiques de la CGC et à leurs rapports avec celles qui ont lieu dans d'autres pays.

«...(la CGC) ne peut pas tout faire pour tout le monde. Dans quel domaine le Canada est-il devenu un chef de file mondial?»

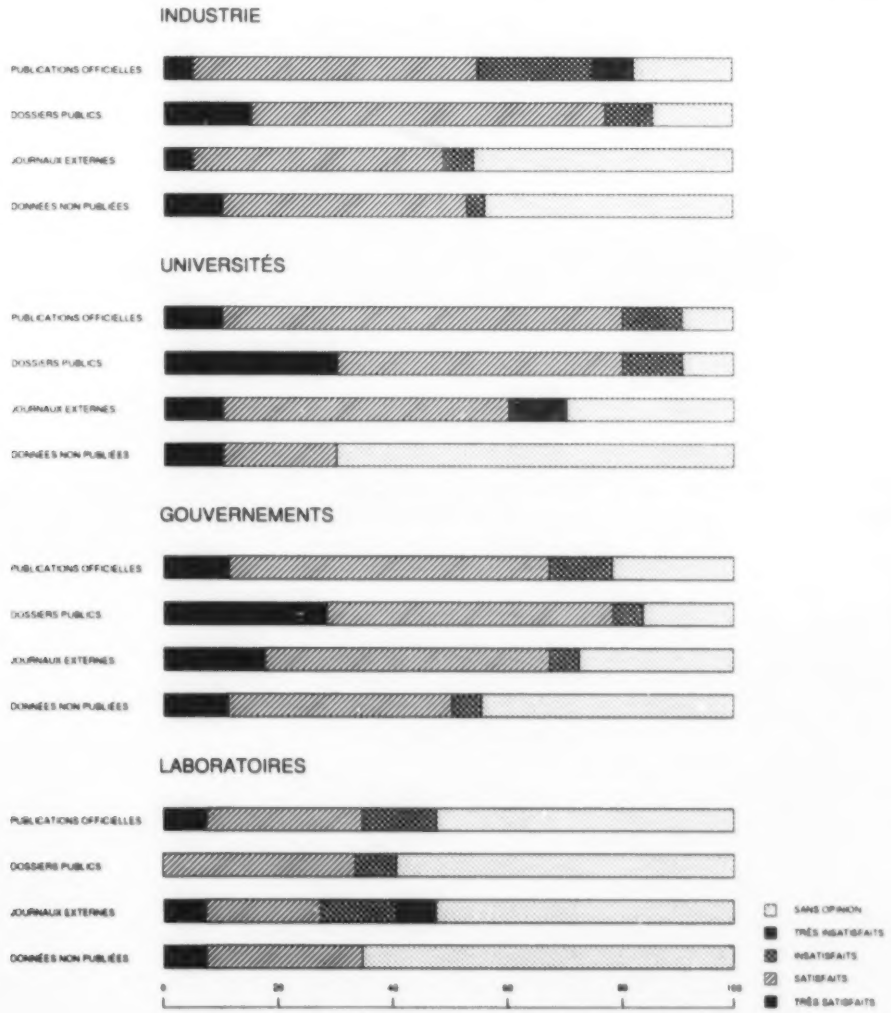

Figure 3. Actualité des données géochimiques de la CGC.

«...l'unité géochimique de la CGC devrait consacrer la majeure partie de son temps à l'acquisition de connaissances fondamentales sur les facteurs qui influent au bout du compte sur l'interprétation des données géochimiques.»

On appuie fortement la participation de la CGC à la production de données géochimiques régionales, mais on considère que cette activité est tout autant du ressort des gouvernements provinciaux. Une diminution de la participation des gouvernements fédéral et provinciaux aux travaux de cartographie géochimique régionale libérerait des ressources que l'on consacrerait plutôt à des recherches essentielles sur l'interprétation et l'évaluation des données géochimiques régionales.

Pertinence et importance des travaux géochimiques de la CGC (question D-2)

Les répondants des universités considèrent que toutes les activités mentionnées sont importantes et pertinentes pour leurs travaux (tableau 17; fig. 9). Les levés régionaux exécutés par la CGC et les recherches sur le comportement géochimique des matériaux d'échantillonnage les plus courants, y compris ceux utilisés en biogéochimie, sont jugés très pertinents par les répondants de l'industrie et des gouvernements. Les recherches sur les techniques d'analyse intéressent moyennement les répondants de l'industrie, tandis que les laboratoires les considèrent comme l'activité géochimique la plus importante de la CGC. Les domaines de la recherche géochimique les moins développés et les moins utilisés, comme les travaux en géochimie gazeuse et organique, en géochimie des inclusions fluides et des isotopes stables et en géochimie de l'environnement, sont jugés importants surtout par les répondants des universités et des gouvernements.

De façon générale, les travaux géochimiques de la CGC s'accordent bien avec celles des clients. Les réponses au questionnaire ne mentionnent aucun domaine d'activité dans lequel les travaux de la CGC seraient en reste ou incompatibles avec les travaux actuels des répondants en matière d'exploration géochimique.

Évaluation du rendement géochimique de la CGC (question D-3)

La plupart des groupes de répondants, en particulier les laboratoires, ont trouvé très difficile d'évaluer le rendement de la CGC dans les diverses travaux énumérés, notamment en raison du faible niveau d'activité de la CGC dans les domaines les moins courants de la géochimie d'exploration.

Les levés hydrogéochimiques régionaux effectués par la CGC sont relativement bien connus, et leurs résultats largement diffusés. Le rendement de la CGC dans ce domaine est considéré par la majorité avec satisfaction (tableau 17; fig. 10). En ce qui concerne les activités de la CGC en géochimie des gisements minéraux, le degré de satisfaction est élevé parmi les universités et les gouvernements, mais il l'est beaucoup moins parmi les répondants de l'industrie. Bien que les recherches en géochimie des inclusions fluides, en géochimie des isotopes et dans d'autres domaines produisent des données utiles sur la genèse de plusieurs types de gisements minéraux, les méthodes d'étude et d'interprétation actuellement utilisées ne sont pas aisément applicables à l'exploration lorsque les observations sont

Tableau 13. Fiabilité et qualité scientifiques des données géochimiques.

Groupe/Produit	Très satisfaits %	Satisfaits %	Insatisfaits %	Très insatisfaits %	Sans opinion/ Pas de réponse %
Industrie n=60					
Publications officielles	31	56	2	0	11
Dossier publics	8	74	3	2	13
Journaux externes	11	57	2	0	30
Données non publiées	5	59	0	0	36
Universités n=10					
Publications officielles	30	70	0	0	0
Dossier publics	30	70	0	0	0
Journaux externes	30	70	0	0	0
Données non publiées	20	30	0	0	50
Gouvernements n=18					
Publications officielles	33	50	0	0	17
Dossier publics	28	61	0	0	11
Journaux externes	28	44	0	0	28
Données non publiées	12	44	0	0	44
Laboratoires n=15					
Publications officielles	13	47	0	0	40
Dossier publics	6	47	0	0	47
Journaux externes	20	33	0	0	47
Données non publiées	7	27	0	0	66

faites et les échantillons prélevés loin des gisements (non découverts). Un certain scepticisme pourrait exister dans l'industrie quant à la valeur réelle de ces recherches dans les prises de décisions concernant les programmes d'exploration régionale. Les répondants ont également exprimé des réserves en ce qui concerne les recherches sur les méthodes d'interprétation et d'analyse des données.

Contribution de la CGC aux innovations en géochimie (question D-4)

La contribution de la CGC aux innovations en géochimie d'exploration est bien considérée par les clients; il y a trois fois plus de répondants qui jugent cette contribution importante que de répondants qui l'estiment non importante (tableau 18; fig. 11).

Perception des recherches faites à la CGC en géochimie d'exploration (question D-5)

Pour certains clients, les recherches géochimiques de la CGC sont «en grande partie appliquées», pour d'autres «en partie appliquées»; elles sont en partie dictées par les besoins pratiques de l'industrie de l'exploration, en partie animées par la curiosité scientifique. Des faiblesses ont été relevées dans les recherches fondamentales, mais le groupe des universités perçoit un bon équilibre entre les études fondamentales et appliquées.

Les répondants des universités, des gouvernements et des laboratoires ont été invités à donner des renseignements supplémentaires sur leurs rapports avec les unités exécutant des travaux géochimiques à la CGC; (parties E, F et G de l'appendice C).

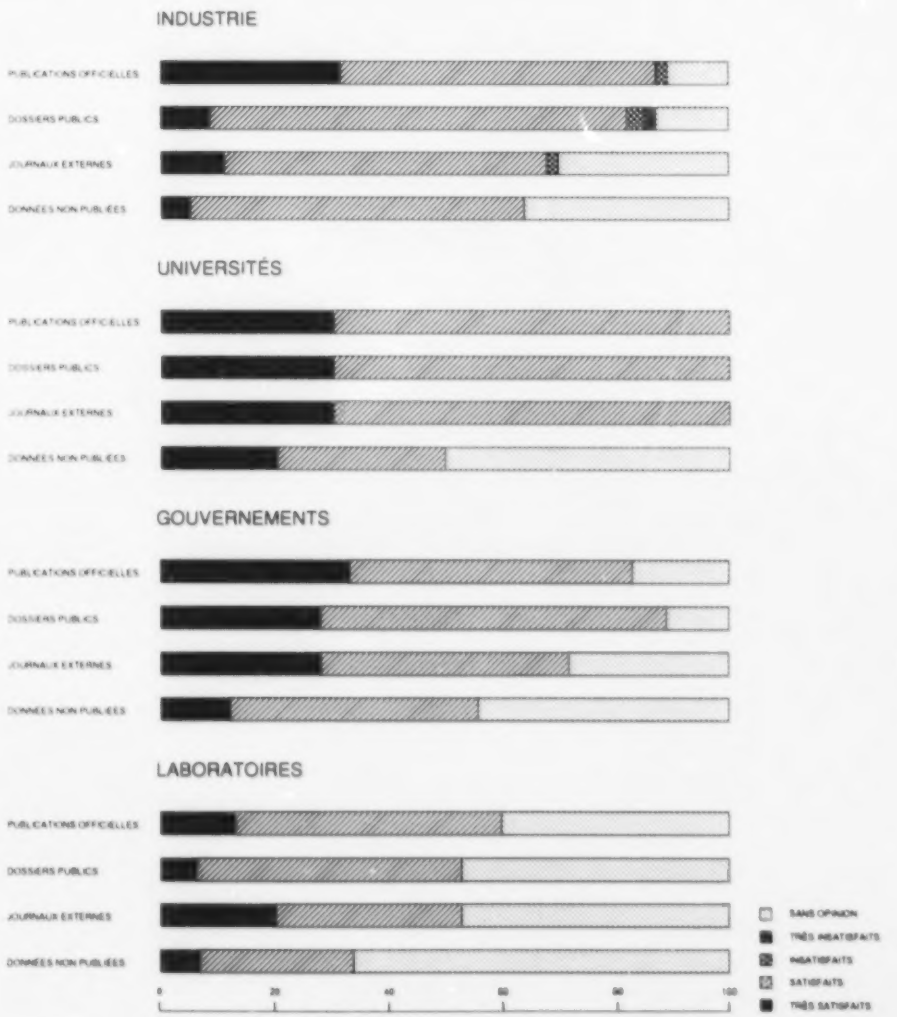

Figure 4. Fiabilité et qualité scientifiques des données géochimiques.

Neuf universités sur les dix ayant répondu offrent des cours de géochimie au niveau du premier cycle, et sept sur dix en donnent au niveau des deuxième et troisième cycles. Il y a une contradiction entre ces réponses et la disponibilité de spécialistes qualifiés en géochimie d'exploration, ce qui dénote peut-être une certaine confusion dans l'esprit des répondants quant à la nature de la géochimie d'exploration comparativement au domaine classique de la géochimie des roches et des gisements minéraux.

Les conventions de recherches d'ÉMR et les marchés de services du MAS financent dans une faible mesure la recherche géochimique dans les universités. Aucune des universités interrogées ne juge cet appui essentiel à leurs programmes, bien que trois répondants sur dix l'aient qualifié d'important. Les principaux avantages que les universités et leurs étudiants retirent de la CGC sont une aide à la recherche documentaire, les possibilités d'emploi, le soutien logistique sur le terrain et la disponibilité de surveillance conjointe de projets de recherche. La plupart des universités jugent satisfaisant le niveau de l'aide de la CGC à la recherche en géochimie d'exploration.

Les laboratoires commerciaux sont principalement liés à la CGC par les nombreux contrats de services d'analyse et par les ententes conclues en vue du développement de techniques d'analyse. Cette question, dont il est question ailleurs dans ce rapport, est un sujet de dissension à l'égard duquel des mesures doivent être prises.

Le groupe des laboratoires ne croit pas que les travaux des scientifiques de la CGC en matière de développement de techniques d'analyse aient contribué à élever la qualité générale des analyses géochimiques au Canada. Bien que le tiers des répondants aient l'impression que les travaux de la CGC dans ce domaine leur ont apporté beaucoup, il ressort des réponses que la CGC n'est pas la source vers laquelle les laboratoires se tournent spontanément pour résoudre des problèmes d'analyse. Les solutions finalement adoptées sont ou bien trouvées à l'interne (67 %) ou bien adaptées de méthodes utilisées dans d'autres disciplines (53 %). Ces réponses des laboratoires commerciaux ont étonné le Comité. Un examen de la documentation indique que les scientifiques de la CGC ont apporté plusieurs contributions importantes tant au développement de nouvelles méthodes d'analyse qu'à la compréhension des méthodes d'analyse existantes. L'absence d'impact est peut-être le fait d'une diffusion inégale de l'information. Les laboratoires peuvent normalement obtenir l'information technologique dont ils ont besoin par étude et demande d'échantillons, et un de leurs problèmes fondamentaux est peut-être le fait de ne pas savoir que telle ou telle source d'information existe.

La partie F du questionnaire a été envoyée à des organismes géoscientifiques provinciaux et territoriaux. L'Île-du-Prince-Édouard est la seule province à ne pas avoir répondu.

Tous les organismes provinciaux, sauf un, ont indiqué avoir au moins un géochimiste à leur emploi; trois provinces en emploient trois (question F-1). Aucun organisme territorial ne compte un géochimiste parmi son personnel. Dans les organismes provinciaux, les géochimistes sont plus nombreux que les géophysiciens (19 contre 11), mais ces deux groupes sont surclassés, et de loin, par les géologues (233). Il ne faudrait pas interpréter ces proportions avec trop de rigueur, étant donné que les réponses de certains organismes représentaient seulement une partie de l'effectif total en sciences de la Terre.

Tableau 14. Satisfaction des besoins des clients.

Groupe/Produit	Excellente %	Bonne %	Acceptable %	Passable %	Médiocre %	Sans opinion %
Industrie n=60						
Publications officielles	8	39	43	5	3	2
Dossier publics	15	34	36	5	3	7
Journaux externes	0	21	44	10	11	14
Données non publiées	2	28	25	11	11	23
Universités n=10						
Publications officielles	20	50	20	10	0	0
Dossier publics	0	40	40	20	0	0
Journaux externes	20	40	30	10	0	0
Données non publiées	20	20	0	10	30	20
Gouvernements n=18						
Publications officielles	12	44	44	0	0	
Dossier publics	28	38	16	12	6	0
Journaux externes	6	44	38	0	0	12
Données non publiées	0	32	24	11	11	22
Laboratoires n=15						
Publications officielles	0	13	40	7	7	33
Dossier publics	0	20	27	13	7	33
Journaux externes	7	13	40	7	0	33
Données non publiées	7	27	27	6	7	46

On peut conclure que, collectivement, les provinces ont des moyens d'action considérables en géochimie, mais qu'aucune d'elle prise individuellement n'égale les ressources de la CGC du point de vue du nombre et de la diversité des géochimistes.

Basés sur les données fournies par les organismes provinciaux et territoriaux (question F-2), les types et coûts estimés des levés géochimiques régionaux exécutés durant la période de 1983 à 1988 par des organismes gouvernementaux sont résumés au tableau 20. Même si toutes les provinces n'ont pas fourni une information complète, ces chiffres donnent une idée du niveau d'activité par organisme et par type de levé, et complètent les réponses données par les gouvernements aux questions B-4, D-1, D-2 et D-3.

Au cours de la période quinquennale de 1983 à 1988, le gouvernement fédéral et les provinces déclarent avoir consacré au moins 21 millions de dollars à des levés géochimiques régionaux au Canada. Certains frais engagés par la CGC, notamment des dépenses du budget de base A et d'autres coûts, ne sont pas inclus dans le total parce que les organismes provinciaux ne disposaient pas du détail de cette information, de sorte que les données contenues dans le tableau 20 sont incomplètes. Les réponses au questionnaire indiquent que presque la moitié (48 %) des coûts a été engagée directement par la CGC, 39 % par les provinces et 14 % dans le cadre de programmes à frais partagés. Une bonne partie du travail a été accomplie dans le cadre des ententes sur l'exploitation minérale. Les matériaux d'échantillonnage les plus largement utilisés dans les levés gouvernementaux sont les tills glaciaires, les

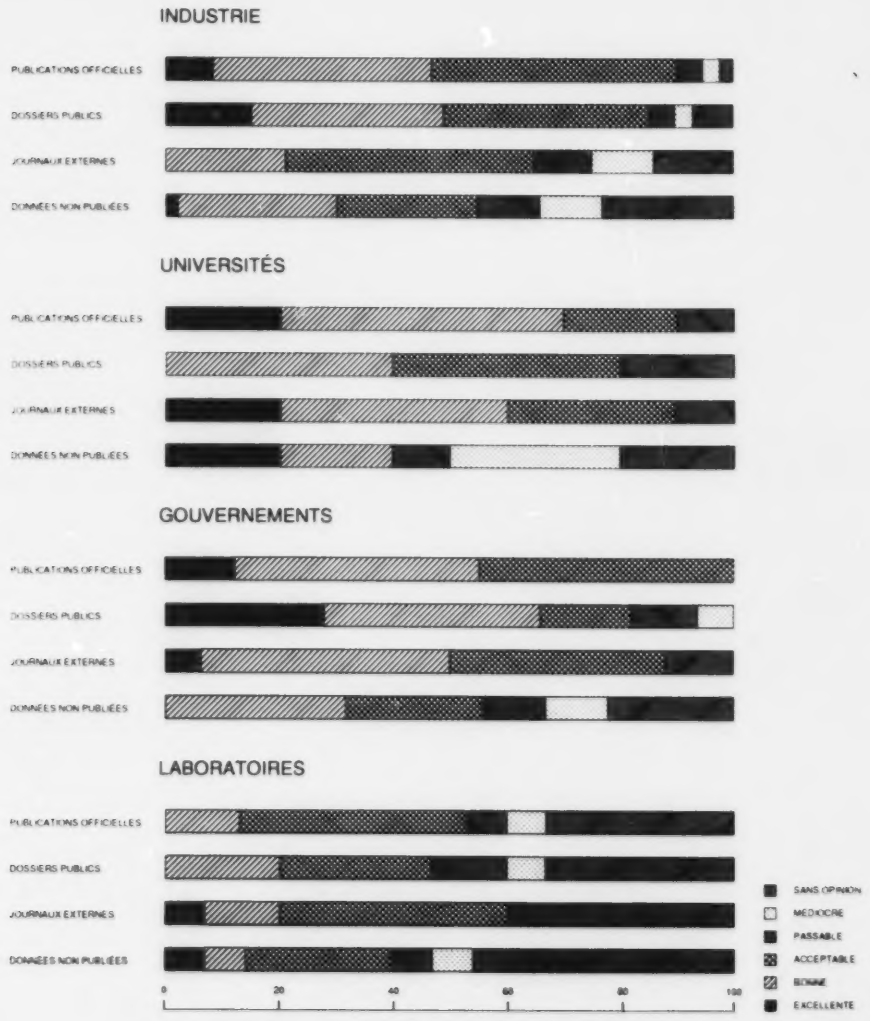

Figure 5. Satisfaction des besoins des clients.

sédiments fluviatiles et les sédiments lacustres, qui représentent chacun plus de 20 % des dépenses totales consacrées aux levés régionaux. La lithogéochimie et les levés radiométriques représentent chacun près de 10 % des dépenses totales. Les autres matériaux d'échantillonnage (eau souterraine, végétation, gaz) sont rarement employés.

La participation financière de la CGC est prédominante dans les cas des sédiments lacustres, des tills et des levés radiométriques. Celle des provinces et territoires prédomine dans le cas des sédiments fluviatiles. Les dépenses engagées dans les levés lithogéochimiques sont également partagées.

La plupart des provinces et territoires (6 sur 11) sont en faveur de levés géochimiques régionaux exécutés conjointement (question F-3), mais une minorité importante (4) préfère laisser ces travaux aux provinces. Seulement une province considère que la responsabilité des levés géochimiques régionaux devrait incomber principalement à la CGC.

Les deux tiers des provinces ont indiqué entretenir un haut degré de collaboration avec les géochimistes de la CGC dans l'exécution des levés géochimiques régionaux (tableau 21). La collaboration est beaucoup moins importante dans d'autres activités orientées vers la recherche, mais une majorité de provinces/territoires travaille en collaboration avec la CGC à la mise au point de techniques d'intégration de données, au développement de méthodes de levés régionaux, à la recherche sur les techniques d'analyse et à l'application de méthodes statistiques.

EXAMEN DES TRAVAUX DE LA CGC EN GÉOCHIMIED'EXPLORATION

Recherche et méthodologie

Les réponses au questionnaire indiquent que les utilisateurs des données sur l'exploration géochimique sont raisonnablement satisfaits de la production de la CGC. Il en ressort que les principaux travaux en géochimie d'exploration sont pertinents et appropriés, que les produits de la CGC sont bien considérés et répondent généralement aux besoins des utilisateurs. Des améliorations sont possibles, cependant, notamment en ce qui concerne la sensibilisation du public aux travaux de la CGC, la productivité et l'utilisation de la technologie de l'informatique dans la commercialisation des produits de la CGC.

Tout en tenant compte des réponses de la clientèle, le Comité croit possible d'améliorer considérablement l'ensemble des travaux en géochimie d'exploration de la CGC, en apportant des changements dans la gestion, l'organisation et les attitudes de manière à parvenir à une meilleure intégration du personnel et des ressources au sein des divisions et sous-divisions pertinentes de la CGC.

Vu la nature et la diversité du paysage canadien, les programmes de recherche en géochimie d'exploration, comprenant des études en biogéochimie, et en hydrogéochimie, et des études sur le comportement des éléments dans les sédiments glaciaires, doivent devenir des travaux majeurs à la CGC. Les travaux en biogéochimie et en géochimie superficielle des régions englacées devraient se poursuivre aux niveaux actuels. Très peu de rapports ont été publiés ces dernières années sur les études

Tableau 15. Productivité évaluée d'après la production d'information géochimique à la CGC.

Groupe/Produit	Très satisfaisante %	Satisfaisante %	Peu Satisfaisante %	Insatisfaisante %	Sans opinion %
Industrie n=60					
Publications officielles	5	41	16	7	31
Dossier publics	7	48	7	5	33
Journaux externes	0	39	13	2	44
Données non publiées	0	34	8	3	54
Universités n=10					
Publications officielles	20	40	20	10	10
Dossier publics	40	20	20	0	20
Journaux externes	20	60	20	0	0
Données non publiées	20	10	10	0	60
Gouvernements n=18					
Publications officielles	5	55	17	0	23
Dossier publics	11	39	17	5	28
Journaux externes	17	55	5	0	23
Données non publiées	11	23	5	0	61
Laboratoires n=15					
Publications officielles	0	27	13	0	60
Dossier publics	7	33	7	0	53
Journaux externes	0	40	0	7	53
Données non publiées	7	20	7	0	66

hydrogéochimiques de la CGC, et les répondants demandent que la CGC corrigent la situation de manière à donner l'occasion aux utilisateurs de juger de la nature, de la pertinence et de la qualité de ses recherches.

Le niveau d'activité en lithogéochimie est remarquablement bas. L'échantillonnage des «éclats de roches» est actuellement une technique de prédilection dans la recherche des gisements de métaux précieux, mais une bonne partie de ce travail est exécutée de façon non systématique. Il faut exécuter des études détaillées des caractéristiques et de la répartition des métaux dans les roches, basées sur des levés d'orientation géochimique bien planifiés, afin d'améliorer la compréhension générale et la qualité générale des levés d'exploration lithogéochimique dans le secteur privé. La CGC devrait exploiter cette possibilité et répondre à ce besoin de manière plus systématique, en procédant à des études minutieuses dans des districts miniers où des échantillons peuvent être obtenus non seulement dans les affleurements, mais aussi dans les sondages et les exploitations souterraines. Les travaux du secteur privé indiquent que la lithogéochimie a un potentiel important dans les environnements de minéraux volcanogènes et autres.

La recherche en géochimie gazeuse, qui était un domaine de compétence de la CGC il y a à peine dix ans, a été mise en veilleuse. Comme le montrent les travaux qui se font en Scandinavie, aux États-Unis, au Japon et ailleurs, la géochimie gazeuse est une technique très prometteuse lorsqu'il s'agit de détecter des minéralisations subtiles et caractéristiques enfouies sous des morts-terrains ou des matériaux de transport. Une méthode électrogéochimique a été développée en Union soviétique, en Chine et ailleurs, et mise à l'épreuve dans plusieurs régions de l'Europe, de l'Asie et des États-Unis. On a dit que ces techniques avaient été très

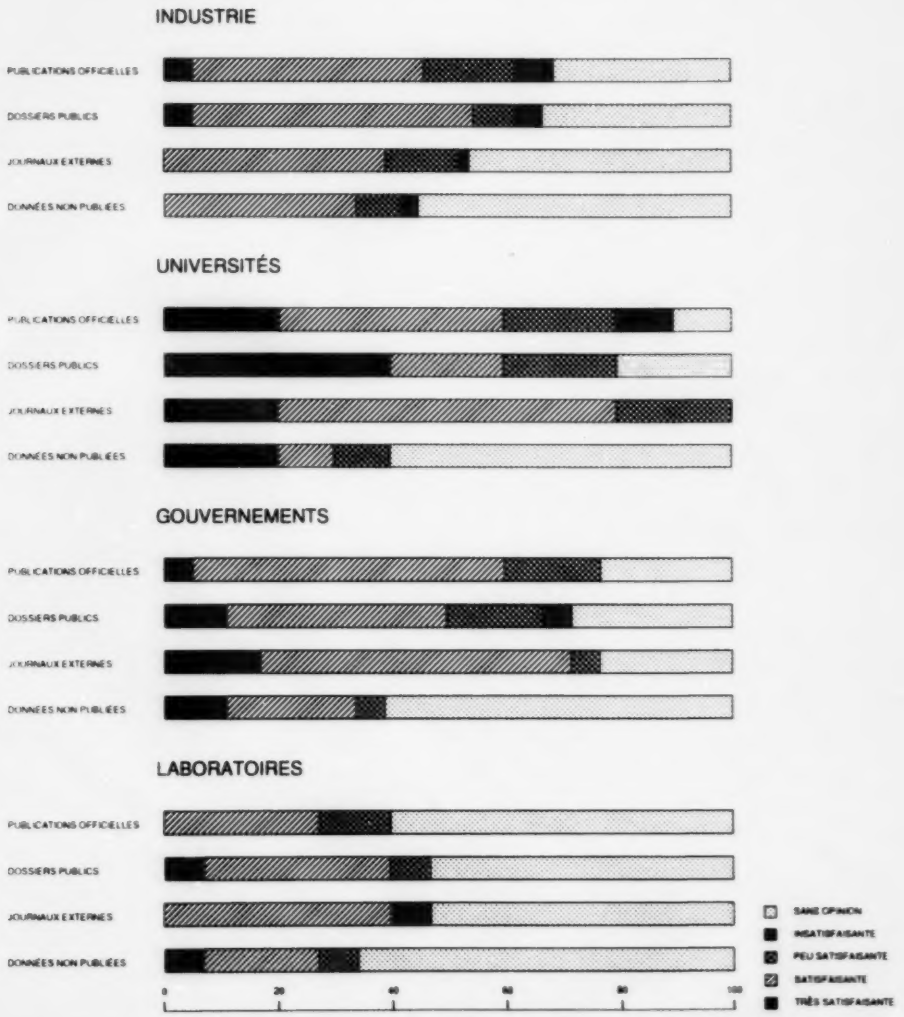

Figure 6. Productivité évaluée d'après la production d'information géochimique à la CGC.

efficaces dans les travaux de prospection à travers des épaisseurs de matériaux de transport de plusieurs centaines de mètres, mais elles n'ont pas encore été évaluées par la CGC. Étant donné la nature de la géologie superficielle du Canada, la CGC a manifestement péché ici par négligence.

La présente étude, de même que celles des comités consultatifs précédents révèlent que la clientèle de la CGC s'attend à ce que la CGC fasse l'évaluation pratique et objective des idées et des techniques nouvelles et en développement, parallèlement aux travaux qu'elle poursuit en matière de recherche et de cartographie. Compte tenu de la compression des ressources disponibles, il s'agit de la tâche la plus importante de la direction de la CGC. Les dirigeants de la CGC doivent en effet gérer activement et résolument des projets et des ressources, au lieu de superviser passivement des études que des chercheurs proposent et exécutent, souvent pour leur propre satisfaction intellectuelle. En outre, la CGC devrait se garder d'investir une partie indue des rares ressources disponibles dans des domaines de la recherche fondamentale qui ne peuvent servir à court terme à la mise en valeur des ressources minérales du Canada. Ce type de recherches devrait se pratiquer dans les universités, quitte à ce que la CGC y apporte son soutien et participe à la supervision des études. De cette façon, la CGC peut tirer profit immédiatement des résultats des recherches et les appliquer à ses programmes, tout en conseillant les universités sur les nouvelles avenues de la recherche qu'elles peuvent emprunter.

CRÉATION DES PROJETS

La façon dont les projets de la CGC son définis et priorisés varie considérablement. Les travaux en prospection géochimique sont dictés en grande partie par les initiatives et les intérêts des chercheurs; le Comité préconise un style de gestion qui encourage l'initiative des employés, mais qui aussi donne une direction précise à la recherche géochimique dans son ensemble.

Dans l'esprit des recommandations formulées par les comités consultatifs précédents (Weir, 1979; Coope, 1982), on insiste sur le fait que l'intégration des diverses disciplines géoscientifiques au sein de la CGC se traduit souvent par une meilleure communication, grâce aux débats et aux discussions auxquels elle donne lieu entre les scientifiques participants, ce qui conduit à une plus grande motivation professionnelle et à une meilleure productivité. Afin de favoriser ce genre d'interaction tout en maintenant une certaine orientation générale, il est recommandé à la direction de la CGC de financer des programmes de recherches interdisciplinaires soigneusement élaborés et d'inviter des géoscientifiques de la CGC, y compris des spécialistes de la géochimie d'exploration, à participer à ces recherches en soumettant des projets de recherches en collaboration et en se disputant les fonds alloués aux programmes. Les chercheurs dont les projets ne sont pas retenus ou qui refusent de participer à ces recherches interdisciplinaires devraient se contenter de se partager le peu d'argent qui resterait dans les budgets de sous-divisions.

Sans vouloir répéter les commentaires déjà formulés dans notre examen des réponses au questionnaire, nous nous arrêterons ci-dessous à des observations qui ont été faites par certains clients en ce qui concerne la sensibilisation du public aux travaux de la CGC, l'interaction avec le public, la présence aux réunions, certains types de publications et la diffusion des données sous forme numérique.

Tableau 16. Utilisation et application des données géochimiques de la CGC.

Groupe/Produit	Source de données %	Méthodes de terrain %	Techniques d'analyse %	Techniques d'interprétation %	Idées %	Formation en exploration %
Industrie n=60						
Publications officielles	83	24	5	59	64	11
Dossier publics	83	24	5	29	56	3
Journaux externes	55	17	11	37	55	4
Données non publiées	65	25	13	31	54	13
Universités n=10						
Publications officielles	60	20	0	20	60	10
Dossier publics	60	10	10	0	20	0
Journaux externes	60	20	10	30	40	10
Données non publiées	20	10	0	20	30	10
Gouvernements n=18						
Publications officielles	77	22	22	16	28	0
Dossier publics	94	16	16	0	6	0
Journaux externes	44	22	22	33	22	0
Données non publiées	44	16	16	0	6	0
Laboratoires n=15						
Publications officielles	40	6	46	13	26	6
Dossier publics	46	6	13	0	6	0
Journaux externes	13	20	53	20	33	6
Données non publiées	6	26	46	20	13	0

FORMATION EN GÉOCHIMIE D'EXPLORATION

«On augmenterait considérablement l'utilité d'un dossier public si le géochimiste responsable de sa publication prenait le temps d'évaluer et de commenter les données, au lieu de simplement les présenter sous forme de tableaux.» Ce commentaire, que nous avons déjà cité, ne doit pas être interprété uniquement comme une réaction de frustration devant un produit jugé peu pratique; c'est aussi une demande légitime de la part d'un chercheur pour qu'on l'aide à interpréter des données.

Des préoccupations du même ordre ont été exprimées par des géologues au sujet des données de la CGC recueillies dans le cadre de levés lithogéochimiques exécutés en Colombie-Britannique. Le Comité attribue ces doléances au fait que la géochimie d'exploration est généralement négligée dans les cours de géologie économique du premier cycle offerts dans les universités canadiennes. Malgré l'insistance avec laquelle l'industrie demande aux universités d'améliorer et d'augmenter le contenu de leurs cours sur l'application de la géochimie à l'exploration minérale, la plupart de ces établissements ne donnent pas aux étudiants inscrits au baccalauréat ou aux études supérieures l'occasion d'étudier cette discipline. Il en résulte une pénurie critique de spécialistes de la géochimie d'exploration et de géologues versés en géochimie d'exploration. La CGC, où se trouve réuni le gros de ces spécialistes au Canada, pourrait contribuer à combler ce vide en encourageant les universités à participer à ses projets et en relevant de beaucoup l'aide très limitée qu'elle consent actuellement dans le cadre du

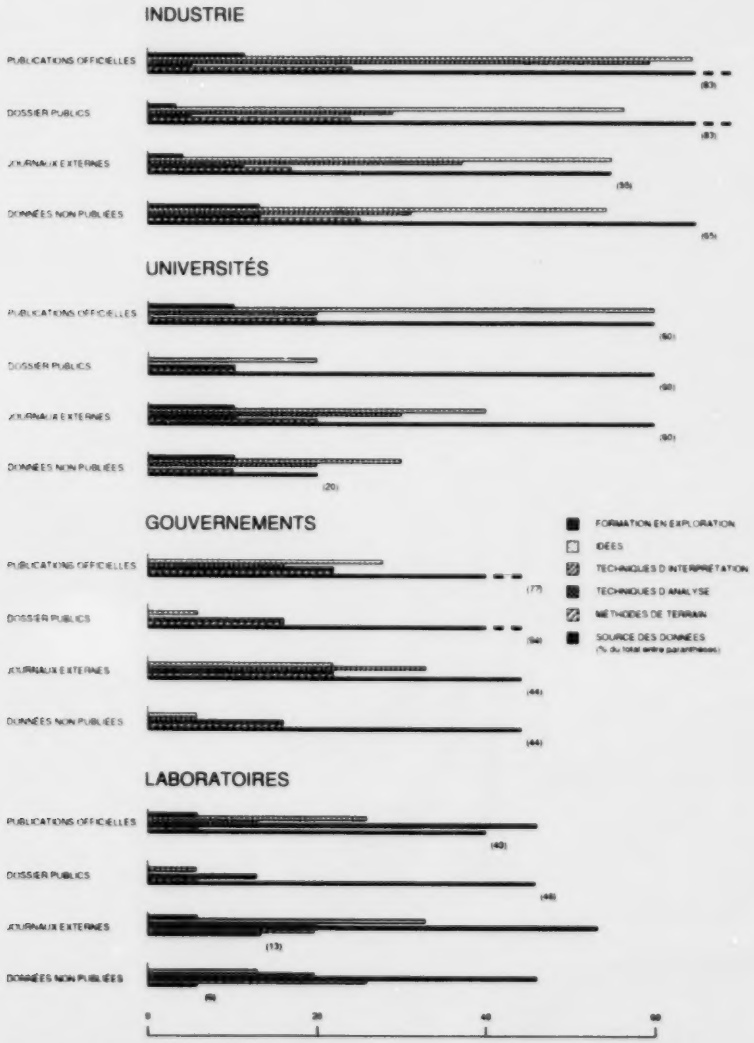

Figure 7. Utilisation et application des données géochimiques de la CGC.

Programme des conventions de recherches d'ÉMR. (En 1989-1990, moins de 1,5 % des fonds du Programme des conventions de recherches, 1,39 million de dollars étaient alloués à des projets en géochimie d'exploration.)

Dans ses propres programmes, la CGC devrait mettre davantage l'accent sur le choix des méthodes optimales d'échantillonnage et d'analyse, basé sur des levés d'orientation et d'autres études pilotes exécutées en prévision ou dans le cadre des projets de la CGC. En outre, la Sous-division de la géochimie d'exploration devrait songer à la préparation d'un catalogue d'études de cas d'orientation couvrant différents matériaux d'échantillonnage, qui serait offert à l'industrie et aux universités et mis à jour périodiquement.

Les réponses au questionnaire indiquent que les données géochimiques de la CGC son peu utilisées dans la formation en techniques d'exploration. La CGC devrait saisir cette occasion pour donner plus d'importance à la diffusion et à la présentation des données pouvant être utilisées comme matériel de référence et d'enseignement dans l'apprentissage des méthodes géochimiques.

PROGRAMME NATIONAL DE RECONNAISSANCE GÉOCHIMIQUE

Les réponses au questions indiquent un appui massif en faveur des travaux de la CGC qui ont trait aux levés régionaux, et en faveur du Programme national de reconnaissance géochimique (PNRG) qui, depuis récemment, est financé sous le régime des ententes fédérales-provinciales sur l'exploitation minérale. Ces programmes ont réussi à stimuler et à orienter les travaux d'exploration minérale exécutés dans le secteur privé au Canada.

En raison des liens qui se sont établis entre le PNRG et les ententes sur l'exploitation minérale, la continuité des programmes dépend des décisions politiques qui ont une incidence sur le renouvellement des engagements financiers. Un grand nombre d'ententes ne seront pas reconduites en 1989-1990 et, à moins de trouver d'autres sources de financement, il faudra mettre un terme aux programmes sur le terrain et aux marchés de services d'analyse. La suspension de ces programmes sera perçue négativement par un grand nombre de clients de la CGC, en partie parce qu'elle se traduira par une diminution des travaux d'exploration et des occasions d'affaires, et en partie parce que le retrait de la CGC de programmes régionaux exécutés à la grandeur du pays

Tableau 17. Activités géochimiques appropriées à la CGC.

	Industrie			Universités			Gouvernements			Laboratoires		
	A	R	P	A	R	P	A	R	P	A	R	P
Échantillonnage régional												
Sédiments fluviatiles	84	77	65	80	80	80	84	82	61	59	66	**
Sédiments lacustres	80	78	69	90	80	80	84	88	56	66	66	**
Drift glaciaire (tills compris)	80	75	49	80	80	80	78	82	67	53	59	**
Minéraux lourds	74	69	38	80	70	50	61	53	38	59	58	**
Eau	34	76	20*	100	80	50	61	59	44	59	52	**
Recherche appliquée												
Gîtes minéraux	94	86	47	100	80	70	78	69	61	60	52	**
Échantillonnage de sédiments fluviatiles	85	79	52	80	70	60	83	76	61	60	59	**
Échantillonnage de sédiments lacustres	79	82	49	90	70	70	83	83	56	66	46	**
Échantillonnage de sols	87	85	41	90	70	60	83	76	55	59	59	**
Drift (till compris)	80	78	49	70	70	60	83	76	67	52	52	**
Hydrogéochimie	58	46	20*	90	80	30	78	64	38	66	53	**
Biogéochimie	70	68	29	80	80	60	83	76	56	66	53	**
Lithogéochimie	88	86	40	80	70	70	83	70	39	66	66	**
Échantillonnage de minéraux lourds	74	77	40	70	60	40	83	53	33	66	60	**
Géochimie gazeuse	53	36	8*	70	80	10*	67	53	28	60	39	**
Techniques d'analyse	69	54	39	90	80	50	90	70	50	80	72	**
Traitement et interprétation des données	87	70	41	80	70	40	84	70	50	66	59	**
Autres types de recherche												
Géochimie organique	51	34	7*	70	60	20*	66	24	17*	32	33	**
Géochimie des inclusions fluides	56	49	13*	80	60	20	62	35	22*	33	39	**
Géochimie des isotopes stables	57	49	18*	70	60	30	62	35	22*	46	32	**
Géochimie de l'environnement	58	49	8*	80	50	30	78	41	17*	53	40	**
Géochimie indépendante de l'exploration	23	20	2*	50	40	40	38	24	11*	46	32	**

* environ 33 % n'ayant pas répondu
** plus de 60 % n'ayant pas répondu

CODE : A - Actif ou très actif (activité)
R - Important ou très important (pertinence)
P - Satisfaisant ou très satisfaisant (rendement)

risque de compromettre le maintien des normes nationales auxquelles on doit la grande qualité de la base de données géochimiques régionales.

Une des principales critiques formulées par plusieurs groupes à l'endroit du PNRG est le faible niveau de travaux en interprétation des données et en évaluation des processus géochimiques responsables des figures de dispersion observées. Voilà un changement d'attitude marqué de la part d'un grand nombre de gens dans l'industrie, qui auparavant s'opposaient farouchement à ce que la CGC se livre à des travaux d'interprétation ou à des études géochimiques détaillées susceptibles d'être perçus comme de la prospection.

Tout en appuyant fortement le maintien du PNRG, le Comité recommande vivement d'augmenter les fonds du budget de base A consacrés à l'étude des aspects de la base de données du Programme qui permettront de mieux comprendre les processus géochimiques des environnements superficiels et de développer de meilleures méthodes pour rendre plus efficaces l'exploration minérale et les levés régionaux. Ces recherches de base sont nécessaires si l'on veut que le PNRG réalise tout son potentiel.

ARCHIVAGE DES ÉCHANTILLONS

Grâce aux fonds alloués en vertu des ententes sur l'exploitation minérale, la CGC a été en mesure de se doter des installations voulues pour archiver des échantillons de sédiments lacustres et fluviatiles et des échantillons d'eau prélevés à travers le pays. La réanalyse de certains matériaux d'échantillonnage ainsi conservés a permis à la CGC d'augmenter sa base de données d'analyse en l'adaptant aux changements survenus dans la demande de produits minéraux

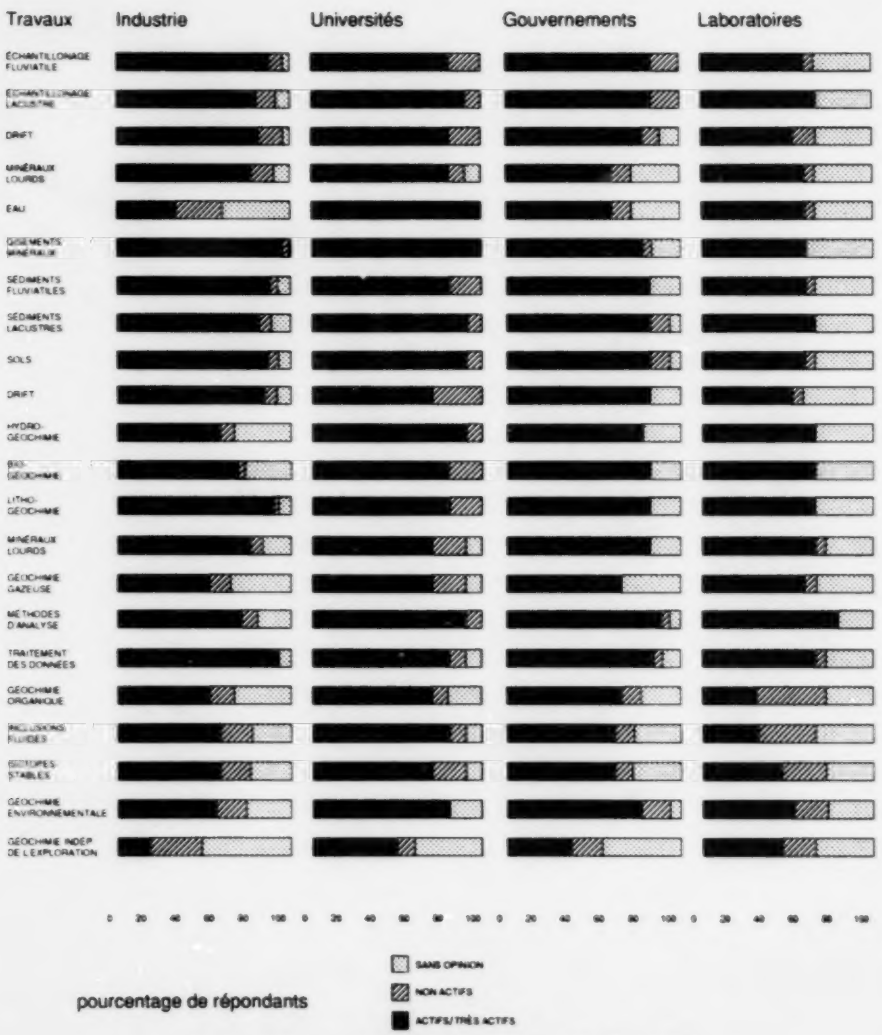

Figure 8. Travaux géochimiques appropriés à la CGC.

et de mieux répondre aux besoins de ses clients à l'intérieur et à l'extérieur de l'industrie des ressources naturelles. On peut facilement prévoir que ces échantillons permettront de recueillir des données d'intérêt environnemental, et le Comité recommande que l'on encourage la conservation de ces archives géochimiques, qu'il considère comme une ressource nationale précieuse.

AFFERMAGE

Les analyses de routine qui consistent à déterminer la teneur en éléments traces des sols, des sédiments, du drift, etc. à l'appui des travaux de la Division des ressources minérales et de la Division de la science des terrains, et aussi à l'appui des levés régionaux exécutés dans le cadre des ententes sur l'exploitation minérale sont affermés presque en totalité. Cette pratique devrait être maintenue. Dans le cas des programmes régionaux, il est **essentiel** de faire en sorte que la base de données demeure cohérente et fiable à long terme, en exigeant que les échantillons soient préparés et analysés à l'aide de méthodes bien définies, et en maintenant un programme rigoureux de contrôle de la qualité. A la Division des ressources minérales, une seule personne est chargée de coordonner l'affermage et de superviser le contrôle de la qualité. Il semble que par le passé, la coordination de l'affermage et le maintien du contrôle de la qualité aient été moins efficaces à la Division de la science des terrains.

Les commentaires reçus de la part des laboratoires commerciaux d'analyse géochimique par le truchement du questionnaire du Comité laissent transpirer un profond mécontentement à l'égard des méthodes employées par le MAS pour l'affermage des analyses géochimiques. Tout en

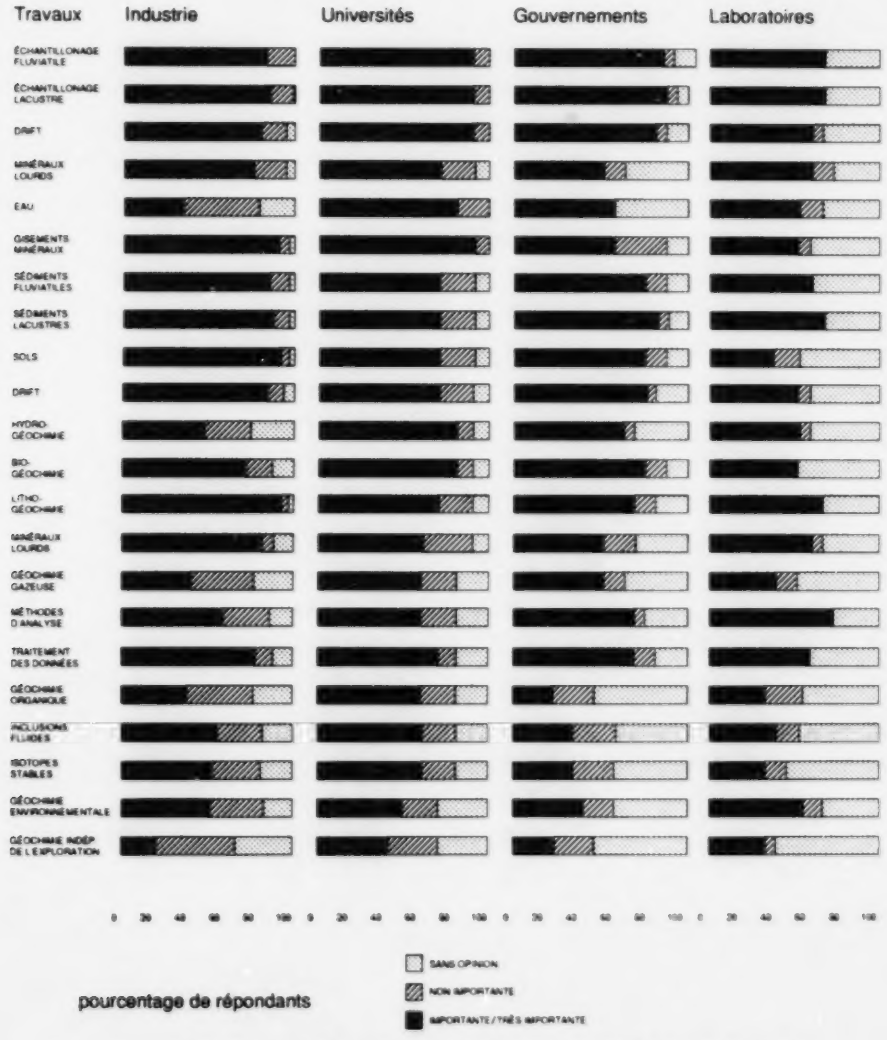

Figure 9. Pertinence et importance des travaux géochimiques de la CGC.

admettant que tous les laboratoires ne peuvent voir leurs soumissions acceptées, le Comité estime néanmoins que la CGC et le MAS devraient revoir leurs méthodes d'affermage de manière à assurer : (i) des normes techniques et un niveau de compétence élevés, (ii) des délais d'exécution acceptables, (iii) des coûts raisonnablement bas et (iv) des chances égales de participer dans la mesure où les critères ci-dessus sont respectés.

ÉCHANTILLONS DE RÉFÉRENCE

Depuis quelques années, la CGC a pris l'habitude de préparer une série de douze échantillons de référence destinés au contrôle de la qualité des analyses géochimiques. Dans les réponses au questionnaire, une majorité (80 %) de laboratoires du secteur privé ont exprimé l'avis que la CGC devrait augmenter la disponibilité de ces échantillons de façon à normaliser les analyses commerciales. Bien que le Comité reconnaisse que la certification des matériaux de référence est un long processus et que les 12 échantillons de référence sont destinés au PNRG, la CGC ne devrait ménager aucun effort pour accélérer leur préparation et les mettre à la disposition des laboratoires d'analyse canadiens. Il faudrait également considérer sérieusement la possibilité d'étendre le programme à d'autres matériaux d'échantillonnage, aux matrices «difficiles» et à un plus grand nombre d'éléments.

DIFFUSION DE L'INFORMATION

Étonnamment, ils sont peu nombreux dans l'industrie (environ 20 %) à lire régulièrement le bulletin d'information mensuel. En examinant la liste de distribution, il y aurait peut-être moyen d'augmenter la diffusion de ce périodique.

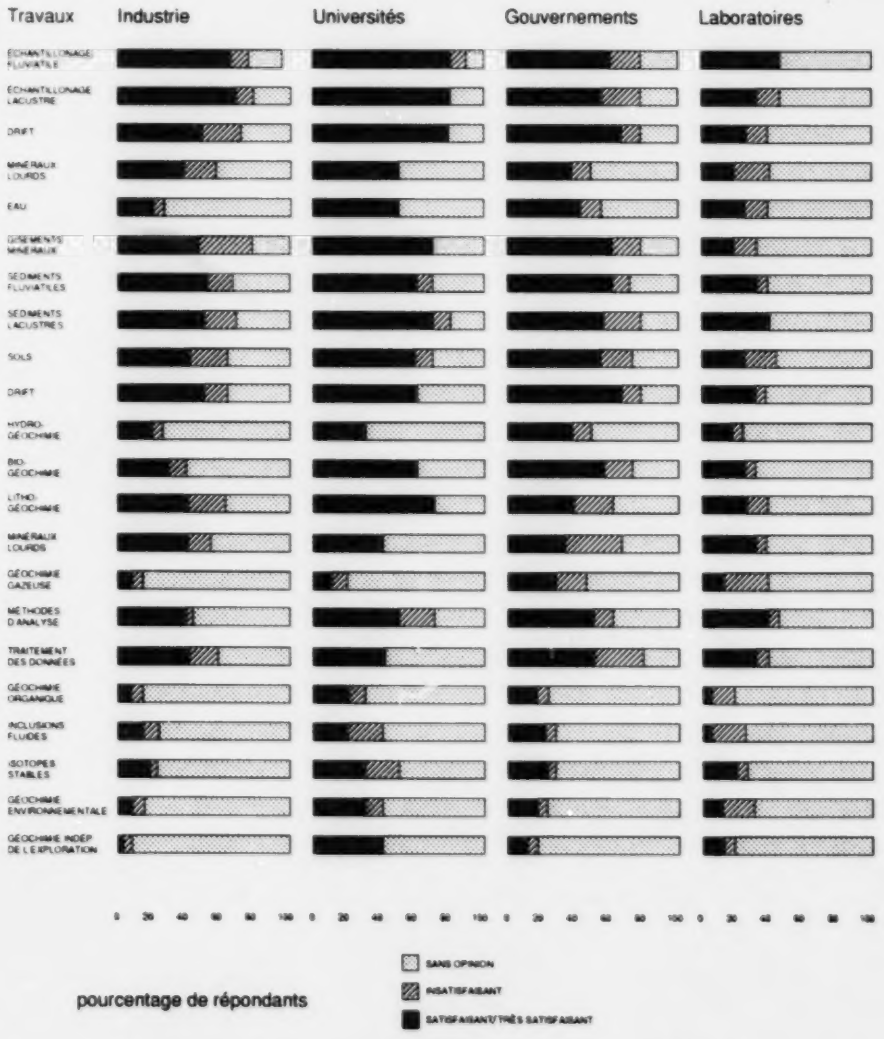

Figure 10. Évaluation du rendement de la CGC en géochimie.

Un comité précédent (1982) avait recommandé une offre d'abonnement annuel qui comprendrait le bulletin, les volumes de «Recherches en cours», le volume des résumés, l'index cumulatif et l'index annuel de la CGC; un des répondants a proposé la publication d'un bulletin qui informerait périodiquement les clients des projets sur le terrain et d'autres travaux, de façon à favoriser un contact plus étroit entre les géologues du secteur privé et le personnel de la CGC. On a aussi suggéré de dresser annuellement une liste, par sujets, des publications et des recherches en cours en exploration géochimique. On a également fait observer qu'un grand nombre de publications comportent à la fin une page blanche qui pourrait servir à annoncer d'autres publications de la CGC portant sur des sujets ou des domaines connexes.

Il est recommandé que la direction de la CGC continue à évaluer l'efficacité de ses travaux en matière de relations publiques et cherche des moyens efficaces et rentables pour faire connaître davantage ses travaux géochimiques au public en général, et à l'industrie des minéraux en particulier.

Il est clair que les clients préfèrent généralement recevoir les données géochimiques imprimées. Compte tenu de l'importance des données numériques dans une bonne partie de l'information géochimique, il est étonnant que les

Tableau 18. Contribution de la CGC aux innovations en géochimie.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
Très importante	15	0	11	0
Importante	41	70	50	60
Peu importante	22	30	0	20
Négligeable	0	0	17	0
Sans opinion	22	0	21	20

Tableau 19. Perception des recherches faites à la CGC en géochimie d'exploration.

	Industrie n=60 %	Universités n=10 %	Gouvernements n=18 %	Laboratoires n=15 %
En grande partie appliquées	9	40	17	0
En partie appliquées	51	10	28	47
Recherches fondamentales faible	11	30	17	20
Trop de recherches fondamentales	9	0	0	0
Bon équilibre	25	50	17	0
Dictées par l'exploration	23	30	22	20
Curiosité scientifique	20	0	28	27
Sans opinion	23	0	22	27

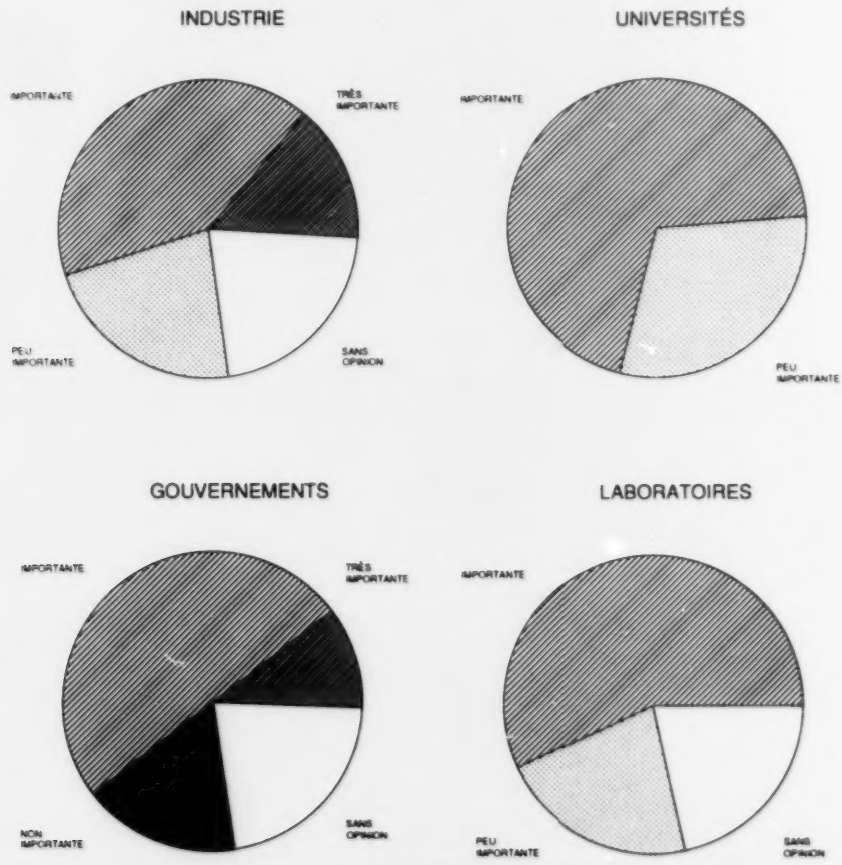

Figure 11. Contribution de la CGC aux innovations en géochimie.

microfiches et les bandes d'ordinateur ne soient pas plus largement utilisées. En ces temps où presque tous les utilisateurs de données géochimiques ont accès à l'ordinateur, le Comité recommande que la CGC cesse de diffuser ses données géochimiques sur microfiches et bandes d'ordinateur pour plutôt généraliser l'usage des disquettes. La disquette sera de plus en plus employée non seulement pour la diffusion de l'information, mais aussi comme support de publication. L'imprimé demeurera pendant encore quelques années le support d'information le plus utile pour les mémoires, les rapports et les cartes, mais on peut prévoir que l'électronique jouera un rôle de plus en plus important dans le stockage et le transfert des données de tous genres. La CGC n'est pas à jour sur le plan de la technologie de l'informatique, et elle devra multiplier ses efforts pour rattraper ce retard technologique. L'introduction du transfert électronique des données comporte toutefois un certain risque, celui de favoriser les organisations bien versées en informatique au détriment des personnes pour qui l'acquisition des ordinateurs nécessaires représente encore un gros investissement. «Une base de données améliorée, plus conviviale, interactive, serait la bienvenue», et en fait le cheminement de la CGC en direction de ce nirvana est lent. En raison du coût très élevé de l'installation et du maintien d'une base de données «réelles» à l'usage du public, il faudra également redoubler de prudence dans la façon dont sera implanté le transfert électronique des données. C'est donc d'un pas alerte et résolu, mais aussi avec prudence, que la CGC devrait se diriger vers un système de distribution électronique des données géochimiques.

Les données recueillies au sujet de la communication personnelle avec les géochimistes de la CGC (tableau 10) révèlent que l'interaction est la plus fréquente lors d'ateliers et de conférences. Ce résultat souligne la valeur et l'efficacité considérables de la participation de la CGC à ces rencontres, malgré les difficultés avouées à obtenir les autorisations de déplacement et les fonds nécessaires. La CGC devrait continuer à encourager la présentation de ses données géochimiques à l'occasion de réunions régionales portant sur un sujet ou un domaine donné. Ces réunions pourraient également être le déclencheur de contacts personnels sur le terrain.

Les délais de publication des travaux de la CGC ont été critiqués par le passé (Coope, 1982) et demeurent un motif d'insatisfaction important, même si c'est une minorité qui

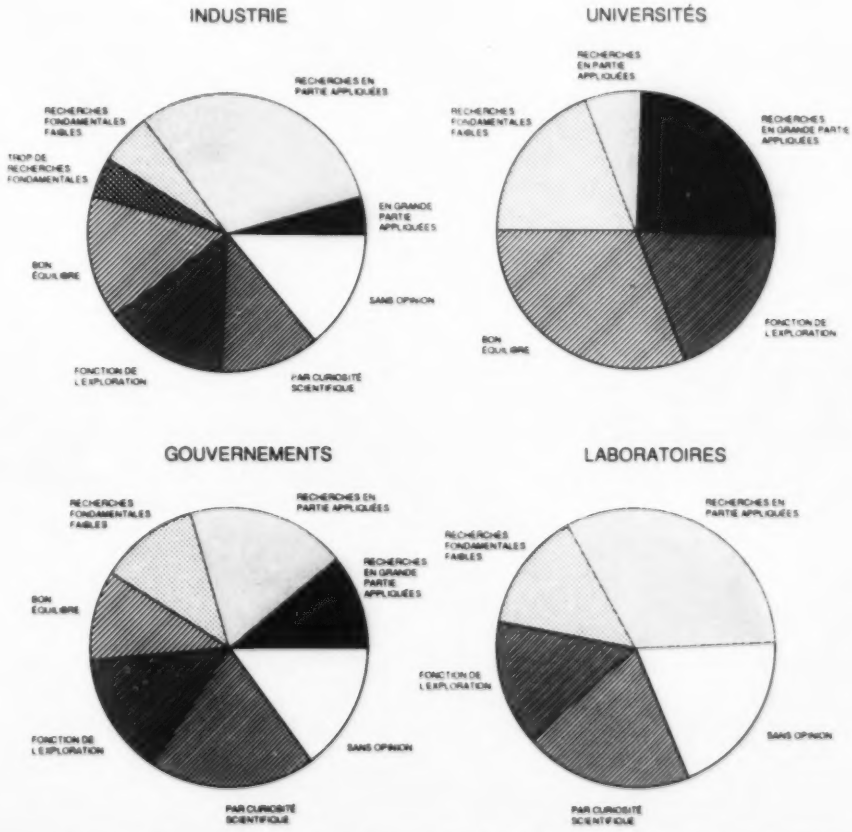

Figure 12. Perception des recherches faites à la CGC en géochimie d'exploration.

s'en plaint. Il semble que les descriptions et interprétations détaillées des données géochimiques contenues dans les publications officielles et les journaux externes sont une nécessité pour une grande partie de l'industrie de l'exploration. Comme la réputation scientifique des organisations telles que la CGC est jugée à la qualité de ces publications, cette question mérite que les dirigeants de la CGC s'y attardent.

L'examen par des pairs et la publication dans des journaux à comité de lecture anonyme sont des moyens reconnus de juger de la crédibilité et de la productivité des scientifiques. Ils sont également considérés comme des facteurs importants dans l'avancement de la carrière des scientifiques au sein de la CGC.

Le tableau 22 donne des renseignements sur les articles publiés dans des journaux à comité de lecture anonyme au cours de la période de cinq ans s'étant terminée en 1988. On constate de larges écarts de productivité entre les scientifiques; enviable chez plusieurs scientifiques de la CGC, la productivité est moins que satisfaisante chez

Tableau 20. Question F-2. Nature et coût des levés géochimiques régionaux, par organismes (1983-1988).

Type de levé	Organisme	Dépenses $ x 10^3		(% du total)		
		Min.	Max.		Totales	
Sédiments fluviatiles (fraction fine)	Prov./Terr.	0	1,500	(7.1%)	2,839	(11.3)
	CGC	0	700	(3.3)	1,350	(6.4)
	Conjoint	0	443	(2.1)	643	(3.0)
					4,382	(20.7)
Sédiments lacustres	Prov./Terr.	0	225	(1.1)	225	(1.1)
	CGC	0	0	(0)	0	(0)
	Conjoint	0	843	(4.0)	843	(4.0)
					1,068	(5.1)
	Prov./Terr.	0	1,600	(7.6)	1,720	(8.1)
	CGC	0	1,169	(5.5)	2,854	(13.5)
	Conjoint	0	200	(0.9)	225	(1.1)
					4,799	(22.7)
Tills glaciaires (fraction fine)	Prov./Terr.	0	700	(3.3)	1,274	(6.0)
	CGC	0	1,856	(8.8)	3,001	(14.2)
	Conjoint	0	491	(2.3)	691	(3.3)
					4,966	(23.5)
Tills glaciaires	Prov./Terr.	0	600	(2.8)	850	(4.0)
	CGC	0	0	(0)	0	(0)
	Conjoint	0	0	(0)	0	(0)
					850	(4.0)
Biogéochimie	Prov./Terr.	0	240	(1.)	250	(1.2)
	CGC	0	0	(0)	0	(0)
	Conjoint	0	35	(0.1)	35	(0.2)
					285	(1.4)
Eau souterraine	Prov./Terr.	0	500	(2.4)	500	(2.4)
	CGC	0	0	(0)	0	(0)
	Conjoint	0	10	(0.1)	10	(0.1)
					510	(2.5)
Géochimie gazeuse	Prov./Terr.	0			0	
	CGC	0			0	
	Conjoint	0			0	
					0	
Lithogéochimie	Prov./Terr.	0	800	(3.8)	944	(4.5)
	CGC	0	1,100	(5.2)	1,100	(5.2)
	Conjoint	0	500	(2.4)	500	(2.4)
					2,544	(12.1)
Levés radiométriques	Prov./Terr.	0	0	(0)	0	(0)
	CGC	0	700	(3.3)	1,763	(8.3)
	Conjoint	0	0	(0)	0	(0)
Coûts totaux	Prov./Terr.				8152	(38.5)
	CGC				10,068	(95.3)
	Conjoint				2,947	(100)

d'autres. Il en résulte une production moyenne inférieure à deux articles par an, ce qui est beaucoup plus faible que ce qui est demandé aux chercheurs universitaires.

Le Comité considère cette faible productivité comme un problème sérieux et recommande que la productivité, démontrée par la fréquence et l'actualité des publications, devienne un critère important dans le financement de la recherche exécutée par les scientifiques de la CGC. Le Comité exhorte également la direction de la CGC à reconsidérer la recommandation de Coope (1982), selon laquelle les publications officielles présentant des notions et idées nouvelles soient soumises à un examen externe.

SOUS-DIVISION DE LA MINÉRALOGIE ET DE LA CHIMIE

Dans son évaluation de la recherche sur les gisements minéraux à la Commission géologique du Canada, le comité Naldrett (Naldrett, 1986) a examiné les Laboratoires de minéralogie, de chimie et de chimie appliquée, prédécesseurs de la Sous-division de la minéralogie et de la chimie. Certaines recommandations du comité Naldrett ont été mises en oeuvre depuis la publication de ce rapport, et notre Comité a préféré revenir à la charge avec certaines des recommandations qui n'ont pas encore été appliquées.

La Sous-division a un rendement assez bon, compte tenu des structures et du mode de gestion dans lesquels elle évolue actuellement. Cependant, on considère qu'une meilleure coordination administrative et opérationnelle entre les unités et les divers clients de la CGC augmenterait considérablement le contrôle de la qualité, l'efficacité et la productivité dans plusieurs domaines.

Tableau 21. Question F-4. Degré de collaboration entre les géochimistes de la CGC et leurs homologues provinciaux et territoriaux dans les levés régionaux ainsi que dans la recherche et développement sur les méthodes.

	Collaboration étroite	Collaboration moyenne	Collaboration faible ou nulle	Activité sans intérêt
Levés géochimiques régionaux à la recherche de minéraux	4	4	3	1
Recherche sur des techniques de levés régionaux	1	3	5	3
Recherche sur l'interprétation de levés régionaux	1	2	6	3
Recherche sur des méthodes d'intégration et d'interprétation de données	1	4	6	1
Recherche sur les processus de dispersion géochimique	1	2	6	3
Recherche sur la géochimie des gîtes métallifères	0	2	7	3
Recherche sur la géochimie des hydrocarbures	0	0	5	7
Recherche biogéochimique	2	1	5	4
Techniques d'analyse	1	3	6	2
Traitement statistique des données géochimiques	1	3	7	1
Application de l'analyse d'images aux données géochimiques	1	2	5	3

12 réponses

Le Comité a observé de façon générale que la communication entre les employés travaillant dans les sections de la chimie analytique, du développement des méthodes d'analyse et de la préparation des échantillons et des minéraux est décevante. Compte tenu des intérêts communs de ces employés, ce manque de communication ne peut être attribué entièrement à des responsabilités différentes; il s'explique également par des problèmes d'organisation qui touchent le contrôle de la qualité et l'efficacité ainsi que par des problèmes personnels, qui exigent une attention particulière de la part des cadres.

Le Comité a déjà fait état de l'isolement relatif de la Section de la préparation des échantillons et des minéraux à la Sous-division. C'est un principe fondamental de l'analyse

Tableau 22. Nombre d'articles publiés dans des journaux à comité de lecture anonyme durant la période de cinq ans s'étant terminée en 1988.

Section/Unité	N[bre]	Intervalle	Moyenne
Sous-division de la géochimie d'exploration			
Applications mathématiques	5	4 - 11	1.9
Méthodologie géochimique et projets spéciaux	6	0 - 11	1.2
Sous-division des gisements minéraux	9	2 - 15	1.2
Sous-division de la minéralogie et de la chimie			
Développement des méthodes d'analyse	2	7 - 14	2.1
Division de la science des terrains			
Personnes ayant travaillé au développement de méthodes en géochimie d'exploration	4	1 - 8	0.9
Résultat global	26	0 - 15	1.4

N[bre] = nombre de personnes considérées.
Intervalle = intervalle dans lequel s'inscrit le nombre total d'articles publiés par des chercheurs au cours des cinq dernières années.
Moyenne = moyenne du nombre de publications par année-personne.

Figure 13. Recommandation pour une intégration de l'information en géochimie à la CGC.

des matériaux géologiques, que pour établir les normes les plus appropriées en matière de contrôle de la qualité, il faut connaître la nature de l'échantillon, l'analyse à exécuter et le ou les types de méthodes d'analyse à utiliser. Un contrôle inadéquat à ce stade peut détruire l'intégrité de l'échantillon, et c'est pourquoi il est recommandé que le Laboratoire de chimie analytique se voie confier la responsabilité de la préparation des échantillons préalablement aux analyses chimiques et que les responsabilités de la Section du développement des méthodes d'analyse soient étendues à la mise au point de techniques de préparation d'échantillons nouvelles et améliorées, adaptées à des problèmes spécifiques posés par les données de la géochimie d'exploration.

On améliorerait le contrôle de la qualité si on adjoignait aux procédures établies du Laboratoire de chimie analytique une plus grande utilisation des échantillons de référence et l'inclusion de doubles prélevés sur le terrain, choisis et apportés par des géologues et des géochimistes de la CGC. Le personnel des laboratoires se réjouirait de pareilles mesures, qui visent à maintenir les résultats des analyses à un niveau de qualité élevé.

Les problèmes de délai d'exécution à la Section de la chimie analytique peuvent être attribués en partie à des augmentations soudaines du nombre d'échantillons reçus et à des demandes innattendues de services spécifiques. L'actuel Comité des priorités en analyse, où toutes les divisions de la CGC sont représentées, devrait prendre des mesures pour atténuer ces problèmes en demandant aux scientifiques de la CGC de se conformer à un plan raisonnable pour coordonner leurs travaux avec ceux des laboratoires. En outre, le Comité consultatif appuie la recommandation 4.3.2.2.3 du Comité Naldrett, qui suggère de calculer les coûts des services d'analyse internes de façon réaliste et de les imputer aux budgets individuels des projets. Une telle façon de procéder favoriserait une liaison plus étroite entre le scientifique en charge du projet et le laboratoire et rendrait les scientifiques davantage responsables et familiarisés avec les procédures de laboratoire.

La priorisation des demandes d'analyse en fonction du type de gestion pratiqué à la Division est une autre question sur laquelle il faudrait se pencher de plus près. Peu de géologues, peu importe le service, semblent avoir quelque idée que ce soit des efforts et du temps que nécessite un projet d'analyse, et pour éviter que les chercheurs ne forment des espoirs irréalistes et laisser suffisamment de temps au projet d'analyse de se concrétiser, un comité de liaison interne en matière d'analyses devrait être chargé d'évaluer le temps et les ressources que nécessite un projet donné. Il faudrait considérer sérieusement la possibilité d'établir un régime de recouvrement des coûts à l'interne et d'imputer une partie des coûts des analyses aux budgets des projets concernés.

Le Laboratoire de chimie analytique a l'habitude de conserver longtemps le même équipement, mais parfois au prix d'une baisse de productivité causée par les problèmes d'entretien. Il est essentiel de prévoir dans les budgets de fonctionnement un montant réaliste pour couvrir les frais d'entretien et, dans la mesure où cela est possible et justifié, de passer des contrats d'entretien réalistes avec les fabricants des instruments.

Pour maintenir la qualité de ses analyses à un niveau élevé et accroître sa productivité, la CGC doit tirer pleinement profit des progrès réalisés à la sous-division ou ailleurs en matière de techniques d'analyse et dans d'autres secteurs de la recherche et du développement afin de garder ses laboratoires d'analyse à la fine pointe de la technologie. A cause d'un financement inadéquat au début des années 80, les normes de qualité se sont sérieusement détériorées; pour éviter une autre expérience du genre, il faut un budget d'équipement réaliste.

Dans le même ordre d'idées, si la Section du développement des méthodes d'analyse veut conserver sa position actuelle dans le domaine du développement de la géochimie analytique au Canada, la CGC devra être en mesure d'investir dans des instruments de plus en plus élaborés. Selon le Comité, il est important que la CGC prenne cet engagement et, comme nous l'avons recommandé dans la partie de ce rapport traitant du Laboratoire de chimie analytique, il faut prévoir un budget d'équipement réaliste pour le développement des méthodes d'analyse. Au cours de plusieurs entrevues, on a fait allusion à la piètre condition des équipements de laboratoire. Le Comité insiste sur la nécessité d'appliquer un bon programme d'entretien et de réparation et de remplacer au moment opportun le matériel ancien ou désuet pour faire en sorte que les laboratoires conservent un bon rendement.

Le transfert de la Section du développement des méthodes d'analyse (qui appartenait auparavant à la Sous-division de la géophysique et de la géochimie des ressources) à la Sous-division de la minéralogie et de la chimie a inévitablement suscité des inquiétudes (à l'interne comme à l'externe); on craint de perdre contact avec la géochimie d'exploration et d'exécuter des projets d'analyse qui ne sont plus aussi adaptés à l'exploration minérale. Le Comité a observé que la majeure partie du travail de recherche et de développement exécuté au sein de cette unité se fait en collaboration avec la Sous-division de la géochimie d'exploration et que par conséquent la communication est maintenue. Il est d'avis que le développement de méthodes d'analyse en géochimie d'exploration est un produit important de la CGC qui devrait demeurer à son niveau actuel.

Actuellement, la Section du développement des méthodes d'analyse exécute fréquemment des analyses de routine en utilisant des méthodes mises au point à l'interne, qui ne font pas encore partie de l'arsenal du Laboratoire de chimie analytique. Tout en admettant qu'il se fait tôt ou tard un transfert de techniques nouvelles, le Comité recommande de minimiser les analyses de routine exécutées à la Section du développement des méthodes d'analyse en assurant un transfert plus rapide des nouvelles méthodes au Laboratoire de chimie analytique ou aux laboratoires commerciaux.

Un certain nombre de scientifiques de la Sous-division ont soumis au Comité des arguments en faveur de l'établissement d'un laboratoire dépoussiéré et d'un laboratoire isotopique à

la CGC. Bien qu'il admette que ces installations sont nécessaires à la détermination des très faibles concentrations de métaux dans les eaux naturelles, le Comité n'est pas convaincu que des études géochimiques **portant sur des processus** et nécessitant ce genre d'analyse sont suffisamment prioritaires dans la recherche sur les gisements minéraux à la CGC pour justifier la dépense qu'entraînerait une rénovation des laboratoires. Les quelques analyses à effectuer devraient être confiées à des services du gouvernement ou du secteur privé qui disposent déjà des équipements et des méthodes appropriés. Le Comité adopte une position semblable pour ce qui est du projet de laboratoire isotopique et demande aux scientifiques de la CGC qui ont à exécuter des analyses d'eau et des analyses isotopiques importantes d'établir une coordination étroite et de prendre les arrangements nécessaires avec des laboratoires bien établis et de bonne réputation qui sont en mesure d'analyser avec rapidité et précision les échantillons soumis par la CGC.

ORDINATEURS ET BASES DE DONNÉES

De tous les types d'information recueillis par la CGC, les données géochimiques comptent parmi les plus faciles à quantifier. Aussi, depuis un grand nombre d'années, les données géochimiques de la CGC sont conservées sur support informatique.

Les possibilités et la puissance des ordinateurs ont connu un essor prodigieux ces dernières années et, dans la plupart des applications, les utilisateurs ne sont pas arrivés à suivre le rythme de cette évolution. Le Comité est d'avis que les géochimistes de la CGC devraient exploiter davantage les nouvelles possibilités offertes par l'informatique, de manière à faciliter la communication à l'interne et avec les clients.

Dans son rapport «Mapping the Landscape» (Étude 87-25 de la CGC), le comité Church a expliqué que «les données géologiques ont plusieurs caractéristiques qui sont difficiles à concilier avec les banques de données modernes».

(i) Certains types de données sont à paramètres ponctuels, c'est-à-dire que les observations se résument à un seul chiffre ou code correspondant à un point précis de l'espace géographique (par ex. une détermination géochimique; un gradient topographique).

(ii) Les données sont parfois chorologiques, c'est-à-dire qu'elles définissent une unité (supposément) homogène qui a une étendue spatiale finie (unités du relief ou du terrain, configuration des affleurements d'une formation).

(iii) Les données sont parfois stratigraphiques, c'est-à-dire qu'elles définissent en un point de l'espace une chaîne d'information représentant une variation en fonction de la profondeur sous la surface.

(iv) Les données ont parfois une distribution linéaire, c'est-à-dire qu'elles représentent une variation continue dans une direction géographique quelconque.

(v) Les données ont parfois une distribution entièrement géographique.

Bien qu'une grande partie des données géochimiques classiques sont de type ponctuel et donc relativement faciles à conserver dans une base de données d'ordinateur (par ex. une analyse chimique en un point de l'espace), il est de plus en plus important et nécessaire de rattacher cette information à des données stratigraphiques (par ex. les résultats d'une analyse d'un horizon de tills dans un seul trou de sondage foré dans les morts-terrains) et à des données entièrement distribuées (par ex. les cartes géologiques).

Situation actuelle

A l'époque où le Comité s'est rendu à Ottawa, l'usage qui était fait de l'ordinateur dans les divers groupes de la CGC exécutant des travaux en exploration géochimique se présentait comme suit :

1. **Sous-division des gisements minéraux** - gestion de données géochimiques ad hoc. Aucune procédure établie pour centraliser les résultats en vue de les diffuser plus largement. Les analyses géochimiques sont traitées comme des données de recherche confidentielles.

2. **Sous-division de la géochimie d'exploration - Section de la méthodologie et de la recherche géochimiques**. La plupart des chercheurs de cette section utilisent les ordinateurs par intermittence, mais seulement cinq scientifiques en font un usage intensif. En général, les données sont livrées à un PC en tapant au clavier les notes de terrain. Les lieux sont ajoutés par entrée digitalisée, et les résultats de laboratoire par modem. Ces données sont ensuite conservées dans la base de données R-base System 5 (récemment remplacée par une version compatible avec DOS), sous forme d'une série d'ensembles de données distincts représentant chacun jusqu'à 2 000 échantillons avec 15 variables descriptives et 35 analytiques. Les bases de données ont généralement la même structure, bien qu'il y ait des variations dans des cas particuliers. Jusqu'à récemment, tous les progiciels d'applications résidaient sur des gros ordinateurs (CYBER et VAX), mais on vient d'installer une base de données Oracle compatible avec VAX qui doit être alimentée par les utilisateurs locaux du R-base.

   Un des projets importants de la Section est le développement du système informatisé de données géochimiques IDEAS, qui doit servir au transfert technologique. Ce système présente des possibilités d'infographie interactive sur de gros ensembles de données, possibilités que n'offrent pas les logiciels PC. Le fonctionnement du système IDEAS est relativement complexe et n'a pas la souplesse de certains logiciels PC peu coûteux. Bien que l'USGS songe à une version PC de ce système, IDEAS apparaît désavantagé en raison du développement rapide de la technologie des micro-ordinateurs, et il faudra qu'une société de logiciels s'y intéresse activement pour que son usage se répande dans l'industrie.

3. **Sous-division de la géochimie d'exploration - Section des études géochimiques régionales.** En 1988, l'année où a été faite l'enquête dont les résultats sont présentés ici, cette Section, dont les programmes régionaux produisent de loin le plus grand volume de données géochimiqes, était aux prises avec un équipement informatique déficient, sans compter les inconvénients et la confusion entraînés par l'utilisation simultanée de trois systèmes incompatibles : CYBER, VAX et PC. Le CYBER contenait 90 % des données du Programme national de reconnaissance géochimique, et le VAX toutes les données de ce programme recueillies jusqu'en 1988, sous la forme de centaines de fichiers ASCII séparés contenant de l'information descriptive, géographique et analytique sans structure de base de données. Il était d'abord question de charger les données du programme dans un logiciel de base de données ORACLE qui devait résider sur le VAX; or, on emploie actuellement le R-base, solution compatible avec le PC et moins coûteuse. Au début de 1990, une grande partie du système était convertie au PC. Le plan actuel, davantage intégré, prévoit de télécharger les données du PC dans la base de données ORACLE du VAX et de les rappeler au besoin pour avoir accès à des logiciels d'applications ou pour répondre à des demandes d'information de la part des clients. La base de données d'interrogation permettrait une recherche par menus, qui conduirait à la production du fichier demandé en vue de le transmettre à un ordinateur éloigné. Cependant, la mise en oeuvre d'un tel système est moins essentielle que la centralisation des données géochimiques en un même lieu, c'est-à-dire au centre de données géophysiques actuellement en service. Les données numériques du Programme national de reconnaissance géochimique sont disponibles sur bande magnétique depuis les années 70, et sur disquette depuis trois ans. Cependant, on ne sait pas toujours précisément où se les procurer.

   Il n'est pas possible d'obtenir d'une seule source, ou dans un format uniforme, toutes les données provenant de la Division de la science des terrains, de la Section de la méthodologie et de la Section de la géochimie régionale.

4. **Sous-division de la géochimie d'exploration - Section des applications mathématiques en géologie.** Les responsabilités de cette section intéressent l'ensemble du Secteur de la Commission géologique du Canada et ne s'appliquent que partiellement à l'exploration géochimique. Cette section a exécuté des travaux importants dans l'application des méthodes de traitement statistique et de traitement d'images à certains ensembles de données; elle a également réussi à intégrer ses services à ceux de scientifiques d'autres disciplines. Elle s'est beaucoup intéressée au système d'information géographique SPANS, très utile et adaptable à des données spatiales. Ce système a été appliqué avec succès à plusieurs ensembles de données géochimiques produits par la Sous-division de la géochimie d'exploration et s'est affirmé comme un facteur de stimulation, ayant contribué à augmenter l'utilisation et à améliorer l'interprétation des données géochimiques régionales. Le choix du système QUADTREE pour minimiser la taille des ensembles de données a pour effet de compromettre l'interaction rapide, pourtant souhaitable, avec les ensembles de données dans certaines applications et risque de limiter l'efficacité de SPANS dans la manipulation des très gros ensembles de données. Aussi est-il absolument nécessaire d'évaluer en temps opportun d'autres systèmes d'information géographique, pour rendre efficaces la présentation et l'interprétation des données géochimiques de la CGC et, en même temps, faciliter l'utilisation des systèmes d'information géographique par les clients de la CGC.

Discussion

Les données de la CGC, en particulier les données géochimiques, constituent une ressource importante; pour que leur utilité soit maximale, elles doivent être facilement accessibles sous forme numérique dans toutes sortes d'applications. Restreindre le flot de cette information à seulement ce qui est nécessaire pour assurer sa qualité et son intégrité peut nuire à son efficacité globale. La mise en place d'un système informatique destiné à faciliter l'utilisation de ces données est un investissement qui s'impose dans n'importe quel programme géochimique.

Il ressort des constatations et des observations du Comité que la CGC n'a pas de stratégie cohérente pour l'acquisition, le contrôle de qualité, le stockage et la production de données géochimiques. Actuellement, une bonne partie des données recueillies, y compris les analyses effectuées, ne sont pas facilement accessibles. Il faut mettre en place une procédure qui permet de verser les données recueillies au cours des recherches et des levés dans des bases de données plus générales qui sont accessibles à d'autres chercheurs et, ce qui est également important, aux clients de la CGC. Les données devraient pouvoir être mises à la disposition des clients sous forme numérique, en dossier public, dans les deux années qui suivent la date de leur acquisition. Il existe actuellement de vastes ensembles de données géochimiques qui ont été recueillies il y a plusieurs années à grands frais avec les deniers publics et qui ne sont toujours pas disponibles sous forme électronique.

Le Comité recommande la mise en place d'une structure informatique pyramidale dans laquelle le stockage et l'intégration des données sont centralisés, comme l'illustre le diagramme de la figure 13. La pyramide représente les différentes étapes de la gestion des données comme des déplacements d'information vers le haut jusque dans une banque de données centrale. L'établissement d'une telle structure est de nature à assurer la qualité et la longévité des données, et la banque de données sera largement accessible aux chercheurs et aux clients de la CGC. Il faut toutefois s'attendre à ce que des problèmes de gestion majeurs se posent dans la mise en oeuvre d'un tel système, par exemple de faire accepter par les scientifiques (a) une procédure souple mais normalisée

pour l'enregistrement des données et (b) la diffusion immédiate des données des recherches et des levés par le truchement de banques de données accessibles au public. Ces principes sont généralement acceptables pour les spécialistes de la géochimie d'exploration, qui ont l'habitude d'utiliser des procédures normalisées pour l'acquisition et la fusion des données géochimiques. Les ordinateurs de poche fiables qui ont fait leur apparition sur le marché et qui connaîtront sans doute un développement rapide, de même que l'avènement d'appareils portables de navigation et de positionnement d'une précision à quelques mètres près, vont devenir d'un emploi courant conjointement avec les données géographiques, sur le site même de l'échantillonnage.

On peut s'attendre par ailleurs que les chercheurs des autres disciplines accepteront moins facilement la mise en place de procédures automatisées. On pourra toutefois satisfaire leurs besoins en développant un système souple pour l'enregistrement des données géographiques et descriptives.

L'utilisation accrue des systèmes d'information géographique nécessitera l'intégration des systèmes de bases de données géoscientifiques. Il faudrait amorcer immédiatement un processus de planification en prévision de l'acquisition aisée et rapide de données géophysiques, géologiques, géochimiques et autres et de leur intégration dans des ensembles de données géographiques, et prévoir également des procédures de distribution de disques compacts pour répondre aux besoins de la clientèle. La demande et les progrès techniques seront les facteurs qui détermineront la possiblité d'établir une base de données «réelles» ou d'assurer la transmission électronique des données à des clients inscrits au programme. Pour une gestion efficace des données, cette proposition devrait probablement être considérée dans le contexte d'une évaluation plus générale de la gestion des données électroniques à la CGC. Une telle évaluation doit nécessairement être progressive; la haute direction doit reconnaître qu'une gestion efficiente et efficace des données électroniques est non seulement d'une importance capitale mais aussi inévitable, et vaincre la force d'inertie du statu quo.

RÉFÉRENCES

Coope, J.A., D'Angigjan, B., Gordy, P.L., Strangway, D.W., Sutherland Brown, A., and Tanguay, M.G.
1983: The Geosciences in Canada, 1982 Part 1: an examination of the output of the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 82-6, pt. 1, 59 p.

Lindseth, R.O., Lamarche, R.Y., Baillie, A., Jennings, C., Barr, S., Morris, H., Carbonneau, C., Neale, E.R.W., Gammon, J., and Nisbet, E.
1989: Earth Sciences in the Service of the Nation A report on the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 89-25, 29p.

Naldrett, A.J., Cathro, R.J., Hoffman, E.L., Lamarche, R.Y., and Wallis, R.H.
1986: The Geosciences in Canada, 1985 Part 2: Report of the Canadian Geoscience Council Advisory Committee on Mineral Deposits Research at the Geological Survey of Canada; Geological Survey of Canada, Paper 85-6, pt. 2, 44 p.

Weir J.D., Coope, J.A., Mollard,J.D., Strangway, D.W., and Sutherland Brown, S.
1979: A report concerning the Geological Survey of Canada, in The Geosciences in Canada, 1978; Geological Survey of Canada, Paper 79-6, p. 4-18.

ANNEXE A

PLAN OPÉRATIONNEL DE LA SOUS-DIVISION DE LA GÉOCHIMIE D'EXPLORATION 1988-1989

1. RECHERCHE ET MÉTHODOLOGIE GÉOCHIMIQUES

1.1 Métaux précieux - Poursuivre

.1 les études lithostratigraphiques, lithogéochimiques, géochimiques de l'argile/des tills pour la recherche de l'or et des éléments du groupe du platine, dans les régions suivantes :

(a) Ontario
(b) Québec
(c) Colombie-Britannique
(d) Territoires du Nord-Ouest

.2 les études lithogéochimiques régionales des porphyres de cuivre aurifères et des zones d'altération en Colombie-Britannique (Mitchell-Sulphurets)

.3 l'étude des relations entre la minéralisation archéenne de l'or et les intrusions felsiques oxydées dans la zone d'Abitibi et la zone de cisaillement ductile profond, dans la zone de Bamble, en Norvège.

1.2 Biogéochimie - Poursuivre l'étude des questions suivantes :

.1 Comportement biogéochimique des métaux précieux et variations saisonnières des tissus végétaux dans les régions suivantes

(a) Saskatchewan (Star Lake)
(b) Colombie-Britannique (Quesnel, Hedley)

.2 Chimie de la sève des érables à sucre et application dans l'étude du problème du dépérissement des érables au Québec (Estrie)

1.3 Eau souterraine

.1 Essai complet des systèmes d'échantillonnage des eaux souterraines à circulation inverse et obtention des brevets

.2 Poursuivre :

(a) l'essai du système piézométrique à plusieurs niveaux
(b) l'étude des processus géochimiques affectant les eaux souterraines à proximité des lacs

2. INTÉGRATION ET ANALYSE DES DONNÉES

2.1 Géomathématiques et géostatistiques

.1 Poursuivre les recherches suivantes :

(a) applications des mathématiques et des statistiques avancées à l'interprétation et à l'intégration des donnés en vue de l'évaluation des ressource et le développement de logiciels
(b) modélisation numérique de l'écoulement des fluides et le transport de solutés en vue de la récupération améliorée des hydrocarbures et des problèmes liés à l'élimination des déchêts dangereux.

2.2 Intégration des données - Poursuivre :

.1 le développement du système SPANS-PCI pour l'intégration des données géoscientifiques et l'étude des interrelations spatiales;

.2 les études au sol visant à vérifier l'identification des zones de contrainte et d'altération de la végétation établie à partir de données de télédétection dans les régions suivantes :

(a) Territoires du Nord-Ouest (Ferguson et Yathkyed Lakes)
(b) Nord du Nouveau-Brunswick (Elmtree)
(c) Québec (Schefferville)
(d) Ontario (Mazinaw Lake)

.3 Les études en laboratoire visant à déterminer le rôle de l'assimilation biologique de métaux sur les contraintes s'exerçant sur les végétaux.

2.3 **Transfert de technologies**

.1 Compléter la mise en place du système informatisé de données géochimiques (IDEAS), qui doit servir au transfert technologique.

.2 Poursuivre le développement du logiciel «Optronics Laser Plotter» pour l'établissement de cartes géochimiques.

.3 Entreprendre des études sur les applications des systèmes experts en géochimie d'exploration.

3. ÉTUDES GÉOCHIMIQUES RÉGIONALES

3.1 **Levés régionaux**

.1 Exécuter des levés géochimiques régionaux, lacustres et fluviatiles, dans les régions suivantes :

(a) Nouveau-Brunswick
(b) Ontario
(c) Colombie-Britannique
(d) Yukon.

.2 Réanalyser des échantillons du Labrador conservés en archive.

.3 Publier les résultats des levés régionaux de 1987 (environ 18 dossiers publics, 475 cartes).

.4 Poursuivre la compilation et l'interprétation des données sur les minéraux lourds au Québec dans les régions suivantes :

(a) Estrie
(b) Bas Saint-Laurent.

.5 Entreprendre des études complémentaires sur les zones riches en tungstène, métaux communs, terres rares, éléments du groupe du platine et barytine, dans les régions ci-dessus.

.6 Fournir une aide technique au programme de levés exécuté par l'ACDI en Jamaïque.

3.2 **Amélioration des méthodes - Poursuivre l'amélioration ou la modification des techniques d'exploration à l'intention du Programme national de reconnaissance géochimique, en ce qui concerne :**

(a) l'or et les éléments du groupe du platine
(b) l'analyse instrumentale de l'activation neutronique
(c) les éléments traceurs
(d) les levés à haute densité.

3.3 **Contrôle de la qualité - Poursuivre :**

.1 l'évaluation des normes de référence internationales et des données analytiques.

ANNEXE B

ATLAS GÉOCHIMIQUE DU CANADA
(recommandation pour une approche nationale)

SOMMAIRE

Deux ordres de levés sont recommandés pour la cartographie géochimique du Canada : un levé national à très faible densité utilisant plusieurs matériaux d'échantillonnage; des levés régionaux à densité beaucoup plus élevée, du type de ceux réalisés dans le cadre du Programme national de reconnaissance géochimique, qui seraient exécutés dans des régions présentant un potentiel minéral considérable. Le levé à très faible densité consisterait à tracer un profil géochimique de l'ensemble du Canada qui soit représentatif des diverses facettes du paysage canadien, à raison d'une série d'échantillons pour 300 à 500 km^2. Ce type de levé fournirait des données exhaustives sur la nature chimique du paysage canadien et serait exécuté en un court laps de temps (5 ans), qui serait la période de référence par rapport à laquelle pourraient être évalués les futurs changements environnementaux. Il permettrait également de cartographier des entités géochimiques d'échelle continentale sur une superficie sans précédent, et de comparer, à cette échelle, les réponses géochimiques observées dans les divers matériaux d'échantillonnage (végétation, eau de surface, sédiments fluviatiles, sols et tills). Ces entités géochimiques correspondraient à des unités tectonostratigraphiques importantes et à des métallotectes majeurs.

L'autre type de levés consiste en des travaux plus conventionnels qui auraient lieu dans des régions au potentiel minéral considérable. Ces levés seraient le prolongement et la suite des levés actuels du type de ceux exécutés dans le cadre du Programme national de reconnaissance géochimique, optimisés de façon à pouvoir servir au secteur de l'exploration minérale. Chacun se concentrerait normalement sur un seul matériau d'échantillonnage, dont le choix dépendrait des conditions géologiques et physiographiques locales. La densité d'échantillonnage serait de l'ordre de 1 site pour 2 à 13 km^2, selon les conditions géologiques locales. Ils seraient exécutés en consultation et en collaboration avec les organismes provinciaux et territoriaux, mais la CGC s'assurerait que les méthodes utilisées permettent de rattacher les résultats au levé national à très faible densité d'échantillonnage, pour que les variations géochimiques spatiales puissent être analysées à un grand nombre d'échelles.

L'utilisation de deux ordres de levés serait un aboutissement logique de l'actuel Programme national de reconnaissance géochimique, compte tenu des travaux qui se font en Europe dans le domaine des levés géochimiques nationaux. Les levés plus détaillés, axés sur l'évaluation des ressources minérales, continueraient d'être optimisés à cette fin, en tenant compte des conditions locales de la physiographie, des produits cibles et de l'état de la base d'information géoscientifique en général. Les levés à très faible densité et à matériaux d'échantillonnage multiples fourniraient un canevas géochimique auquel pourraient être rattachées les données des levés plus détaillés; ils permettraient d'obtenir assez rapidement un aperçu des diverses facettes de la géochimie environnementale et faciliteraient ainsi l'étude de questions plus fondamentales liées à la géologie et à l'environnement en général. Cette vue globale ne peut pas être obtenue avec les levés régionaux plus détaillés qui servent spécifiquement à l'évaluation des ressources minérales. Le fait d'établir clairement deux ordres de levé, distincts l'un de l'autre quant à l'objectif, à l'échelle et à la conception, devrait permettre d'éviter les compromis qui souvent limitent l'utilité d'un levé à plusieurs usages. On reconnaît que le levé à très faible densité exigerait un apport considérable de fonds additionnels et la mise en oeuvre d'une nombreuse compétence multidisciplinaire. Mais la CGC a cette compétence parmi ses géoscientifiques et, comme l'environnement est une question prioritaire pour les Canadiens, il pourrait être opportun de chercher à obtenir les fonds additionnels requis. Cette initiative pourrait être un prétexte à une collaboration accrue entre géochimistes et géoscientifiques travaillant dans des disciplines connexes à la CGC et contribuer à maintenir la réputation dont jouit sur la scène internationale la géochimie appliquée qui se fait à la CGC.

INTRODUCTION

Des atlas géochimiques nationaux sont produits dans un nombre croissant de pays, et plus il y en a, plus on se rend compte de leur utilité pour les géologues et les scientifiques d'autres disciplines qui s'intéressent à la géochimie de la biosphère. Ils servent principalement à l'exploration minérale, à établir des synthèses géologiques et métallogéniques régionales et à mesurer les paramètres géochimiques de notre environnement. Divers matériaux d'échantillonnage ont été employés, le choix étant dicté par le type d'environnement, l'objectif principal du levé et, fréquemment, l'expérience individuelle des groupes de géochimistes participant à un levé national. La densité de sites d'échantillonnage varie considérablement d'un pays à l'autre, et aussi à l'intérieur de certains pays, allant de un site par 1 à 2 km^2 jusqu'à un site par 25 à 30 km^2. Dans bien des cas, le choix d'une faible densité d'échantillonnage semble avoir été dicté par des considérations économiques, qui dépendent des ressources disponibles et de la superficie à couvrir. La densité d'échantillonnage a une forte influence sur les utilisations potentielles des données du levé; dans le cas de l'exploration minérale en particulier, plus elle est élevée, plus elle a un impact direct sur l'exploration minérale. Malgré la diversité des formes que peuvent emprunter un levé, il est encourageant de constater que, lorsque l'échantillonnage et les analyses ont été exécutées d'une

manière systématique et rigoureusement contrôlée, les figures de dispersion géochimiques confirment la géologie connue et permettent fréquemment de découvrir des entités nouvelles. En outre, les figures de dispersion géochimiques montrent les régions polluées par les humains et les régions naturellement enrichies en éléments toxiques qui peuvent constituer un problème environnemental.

Le Programme national de reconnaissance géochimique (PNRG), lancé en 1975, a couvert environ 20 % de la superficie du pays (9 976 000 km^2), ou 23 % si l'on exclut les îles de l'Arctique. L'intention au départ était non pas de couvrir entièrement le pays par des levés de type PNRG, tâche qui nécessiterait encore 40 à 50 ans de travail au niveau de financement consenti jusqu'à maintenant, mais plutôt de se concentrer sur les régions qui pourraient renfermer un potentiel minéral. Les levés comportaient généralement le prélèvement d'échantillons de sédiments et d'eau (lacustres ou fluviatiles selon la physiographie), et le programme dans son ensemble servait principalement à établir des évaluations régionales des ressources en uranium et en métaux communs, et à stimuler et orienter l'exploration minérale. Plus récemment, on a modifié les paramètres des levés (principalement en intégrant des techniques d'analyse récemment mises au point) de façon à obtenir des données qui intéressent un plus large éventail de minéraux, notamment l'or. Dans l'ensemble, le programme atteint son objectif principal, qui est de stimuler et d'orienter les travaux d'exploration effectués dans le secteur privé; de plus, les données obtenues trouvent des applications dans les études environnementales (comme sur les pluies acides et sur les concentrations de mercure dans les poissons).

Même si le PNRG a commencé à peu près en même temps que plusieurs autres levés géochimiques nationaux, il pourrait bien ne jamais réaliser la couverture complète du Canada, alors que plusieurs pays (plus petits) de l'hémisphère Nord se sont rendus jusqu'au bout ou presque. Peut-être le temps est-il venu de reconsidérer le PNRG, de revoir ses objectifs, sa conception et son financement, tout en considérant des solutions de rechange pour obtenir une base de données géochimiques de reconnaissance dans les régions qui ont peu de chances d'être couvertes par le PNRG. L'examen actuel des activités géochimiques de la CGC doit passer par une évaluation des programmes et des orientations nouvelles. Un programme revitalisé de cartographie géochimique rehausserait la réputation internationale de la géochimie pratiquée à la CGC, et pourrait faire du Canada un chef de file dans des projets tels que le projet international de cartographie géochimique du Programme international de corrélation géologique (IGCP 259), où la suprématie scientifique appartient actuellement aux Scandinaves.

Critique du PNRG actuel

Ce programme a réussi à stimuler et à orienter l'exploration minérale au Canada, et la CGC devrait lui consentir des ressources suffisantes pour lui permettre de se poursuivre jusqu'à ce que toutes les régions pouvant renfermer des ressources en minéraux économiques (selon les modèles géologiques qui prévalent actuellement) aient été couvertes. En outre, les moyens à mettre à la disposition du PNRG devraient être suffisants pour que puisse être exécuté parallèlement un programme de recherche et développement sur les méthodes de levés régionaux qui permette d'adapter rapidement les spécifications du programme en fonction des besoins changeants et des différences de milieu géochimique d'une province physiographique à une autre. Des précisions s'imposent au sujet de certains aspects du programme.

Objectif. Le programme a été conçu à l'origine pour l'évaluation des ressources en uranium, et c'est dans cette optique que certains paramètres ont été fixés, notamment la densité d'échantillonnage de 1 site pour 13 km^2. Compte tenu des changements survenus dans la demande de produits minéraux - les métaux précieux et, plus récemment, les métaux communs - cette densité d'échantillonage est devenue trop faible, ne pouvant donner qu'une évaluation très grossière des ressources minérales d'un terrain donné. Dans le cadre de levés récents, on s'est attaqué à ce problème en modifiant certains paramètres des levés tels que la densité d'échantillonnage et la suite d'éléments. Dans un programme échelonné sur un grand nombre d'années, l'objectif est appelé à changer et on aura besoin d'un programme permanent de recherche et développement pour savoir comment modifier les paramètres en conséquence. Les ressources humaines et financières consacrées à la recherche et développement ont été à peine suffisantes jusqu'à maintenant, et semblent diminuer alors que le rythme des changements s'accélère.

Taux de couverture. Compte tenu de l'énorme superficie du Canada, la couverture complète du territoire canadien par des levés de type PNRG ne se réalisera pas avant longtemps au train où vont les choses. Même les régions actuellement considérées comme des sources possibles de minéraux économiques sont très étendues, et il faudra des ressources considérables pour y exécuter des levés géochimiques à une densité d'échantillonnage utile pour l'exploration minérale. En outre, le taux de couverture a été plutôt variable jusqu'ici, en raison des variations considérables du financement du programme. Ces variations créent des problèmes dans la mise en oeuvre des levés, puisque le groupe en charge des levés régionaux subit des coupures durant les années de vaches maigres et qu'il a de la difficulté à s'ajuster lorsque des augmentations budgétaires lui sont consenties, souvent à court préavis. Le groupe des levés régionaux devrait établir un plan à long terme dans lequel seraient identifiées les régions du Canada non encore couvertes par des levés de type PNRG et qui indiquerait le coût approximatif des levés, le rythme idéal des levés, ainsi que la taille de l'effectif de géochimistes et de techniciens nécessaires à la mise en oeuvre des levés. Ces travaux du groupe devraient être financées entièrement par la CGC à même un budget à long terme, et non à partir des fonds d'un programme à court terme. Les levés devraient être réalisés à un rythme suffisamment rapide pour terminer d'ici la fin du siècle le prélèvement des échantillons dans les zones identifiées comme ayant un potentiel minéral.

Conception des levés

Les sédiments lacustres et fluviatiles (fraction fine) et l'eau ont été utilisés efficacement dans le monde entier aux fins de géochimiques de reconnaissance servant à l'exploration minérale, et ils constituent à juste titre les principaux matériaux d'échantillonnage employés dans le cadre du PNRG. D'autres matériaux d'échantillonnage, comme l'eau souterraine et la fraction de minéraux lourds contenue dans les sédiments fluviatiles ont été inclus dans certains levés du PNRG, et la géochimie des tills, la lithogéochimie et la biogéochimie ont été utilisées dans certaines régions, bien que les résultats ainsi obtenus n'aient pas été intégrés dans les données du PNRG.

Étant donné que le principal objectif du PNRG reste celui d'encourager et d'orienter l'exploration minérale, il est souhaitable que les sédiments lacustres et fluviatiles et l'eau demeurent les matériaux d'échantillonnage normalisés, à moins de se révéler nettement inefficaces dans une région particulière, auquel cas il faudrait recourir à une autre approche. La conception d'un programme de levés géochimiques à plusieurs éléments, comme le PNRG, est toujours un compromis et, dans un programme national, la normalisation est un facteur tout aussi important que le coût et l'efficacité dans la conception des levés.

Les données produites par les levés du PNRG fournissent une grande quantité d'informations qui intéressent non seulement l'exploration minérale, mais aussi les études métallogéniques, la cartographie géologique et l'étude des problèmes environnementaux. Les données provenant du PNRG ne sont peut-être pas optimales dans toutes ces applications, mais elles ont toujours leur utilité. L'hydrogéochimie est particulièrement utile lorsqu'il s'agit d'effectuer des mesures géochimiques qui servent de données fondamentales à des études environnementales. En permettant de mesurer l'abondance d'un aussi grand nombre d'éléments qu'il est techniquement et économiquement possible de le faire, les données du PNRG peuvent être plus utiles à un plus grand nombre d'utilisateurs.

La suite d'éléments analysée dans les échantillons lacustres et fluviatiles, qui comportait une douzaine d'éléments au cours des premiers levés (Zn, Cu, Pb, Ni, Co, Ag, As, Mo, U, Mn et Fe, de même que l'indice limite d'oxygène), a depuis été augmentée de F, V, Sb, Sn, W, Cd et Hg. Cette suite est utile pour la recherche de l'uranium et des métaux communs, et jusqu'à un certain point pour la prospection de l'or. Elle compte plusieurs éléments qui sont toxiques à de faibles concentrations pour un grand nombre d'organismes et qui, par conséquent, constituent un problème environnemental (par exemple As, Cd, Cu, Hg, Sb et Pb). Des déterminations de la teneur en or sont faites depuis peu par pyroanalyse, au moyen d'une technique d'activation neutronique et, tout dernièrement, par activation neutronique directe. Cette dernière méthode fournit, en plus de la teneur en Au, des données utiles concernant 17 autres éléments (Ba, Br, Ce, Cr, Cs, Eu, Hf, La, Lu, Na, Rb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th et Yb). Cette méthode présente le grand avantage d'être non destructive, préservant l'intégrité des échantillons précieux conservés en archives.

Certaines innovations récentes dans le domaine des analyses, comme l'analyse par activation neutronique et le spectromètre à plasma induit ICP-ES, qui fournissent des analyses multiélémentaires peu coûteuses et de haute qualité, rendent nécessaire une rationalisation des techniques d'analyse dans le cadre des levés du PNRG. Cette rationalisation pourrait permettre d'allonger la suite d'éléments à un coût égal ou inférieur par échantillon, tout en diminuant la consommation de matériaux d'échantillonnage. Bien conçu, le système de contrôle de la qualité des analyses qui est appliqué à l'ensemble du PNRG devrait faire en sorte que toute modification apportée aux données géochimiques suite à un changement de méthode puisse être mesurée et compensée. D'autres recherches doivent être faites pour mettre au point des méthodes d'analyse encore plus rentables, et pour déterminer adéquatement et économiquement les éléments pour lesquels on ne dispose pas encore de techniques pratiques, comme les métaux du groupe du platine.

En ce qui concerne les échantillons d'eau, les analyses de routine se limitent actuellement à U, à F et au pH. Or les nouvelles techniques d'analyse, comme celles qu'utilisent les spectromètres à plasma induit ICP-MS et ICP-ES pourraient et devraient permettre d'augmenter considérablement cette suite d'éléments, en y ajoutant des éléments majeurs et un certain nombre d'éléments traces. Il pourrait être nécessaire de modifier le prélèvement des échantillons pour y ajouter la filtration sur le terrain. Les données ainsi obtenues seraient utiles tant pour l'exploration minérale que pour les études environnementales.

L'avenir du PNRG

Fondamentalement, la conception du PNRG est bonne et sa mise en oeuvre impliquant la conception des levés et la vérification-compilation des données effectuées par le personnel de la CGC, et le prélèvement, la préparation et l'analyse des échantillons effectués à contrat, est rentable. Il est très important que la CGC continue à exercer un droit de regard sur la conception et le contrôle de la qualité des levés. Certaines personnes persistent à croire qu'une fois les spécifications fixées, l'exécution d'un programme comme le PNRG peut être confié aux soins de techniciens. Pour relever convenablement les défis de la cartographie géochimique dans les différents terrains physiographiques du Canada, pour répondre aux besoins changeants des utilisateurs des données géochimiques, et pour que les levés demeurent à la fine pointe de la technologie, il est essentiel de pouvoir compter sur un groupe de géochimistes et de techniciens qui exécutent les travaux de recherche et développement nécessaires pour faire en sorte que les levés conservent toute leur efficacité, leur pertinence et leur efficience. Le soutien permanent actuellement accordé au groupe des levés régionaux est insuffisant.

Il est inévitable que le progrès technologique rend parfois périmés les résultats des levés antérieurs. L'habitude d'archiver les matériaux d'échantillonnage du PNRG après que les analyses ont été faites est amplement justifiée par

l'intérêt que porte l'industrie aux résultats des nouvelles analyses par activation neutronique (déterminations de l'or et des éléments associés) faites récemment sur des matériaux archivés. La CGC doit s'engager à conserver ces archives en permanence. La réanalyse de ces échantillons archivés pour rendre la suite d'éléments compatible avec des échantillons nouvellement prélevés devrait être une priorité.

Certaines données provenant de levés géochimiques de reconnaissance ne sont pas incluses dans la couverture du PNRG. Certains de ces levés ont été exécutés par la CGC, avec des matériaux d'échantillonnage autres que les sédiments lacustres et fluviatiles, en particulier les tills et la végétation. D'autres ont été faits par des organismes autres que la CGC, et plusieurs d'entre eux avec des sédiments lacustres et fluviatiles. Les plus étendus ont été exécutés par le ministère de l'Énergie et des Ressources du Québec. Il faudrait évaluer les données obtenues dans le cadre de levés exploitant des matériaux autres que des échantillons lacustres et fluviatiles, afin de déterminer si elles devraient être incluses dans la couverture du PNRG ou si les résultats mettent en évidence des entités géochimiques bien différentes de celles qu'indiquent les matériaux d'échantillonnage normalisés du PNRG. Tous les efforts devraient être faits pour incorporer les données obtenues sur des sédiments lacustres et fluviatiles par des organismes étrangers au CGC. On devrait comparer les méthodes d'échantillonnage, autant que les méthodes d'analyse. Si les échantillons provenant de ces levés ont été archivés, il faudrait songer à réanalyser les matériaux qui restent à l'aide des méthodes du PNRG, ou à tout le moins réanalyser les matériaux de référence utilisés pour contrôler l'exactitude et la reproductibilité des méthodes d'un lot à l'autre. S'il n'y a de disponible ni matériau archivé ni échantillon de référence, il pourrait être nécessaire de procéder à un rééchantillonnage restreint au moyen des méthodes du PNRG, dans le but d'harmoniser et d'uniformiser les données provenant de l'extérieur de la CGC en fonction des normes du PNRG. Le maintien des normes du PNRG est important si l'on veut que les utilisateurs, en particulier l'industrie de l'exploration minérale, utilisent avec autant de confiance les données obtenues dans des provinces adjacentes à partir du même matériau d'échantillonnage. En même temps, lorsqu'il existe des données produites par un levé bien conçu et bien réalisé, il ne sert à rien de refaire le levé. La CGC devrait engager des discussions avec les organismes concernés, en particulier le ministère des Mines et des Ressources du Québec, pour régler cette question.

Finalement, il conviendrait d'insister davantage sur la valeur du PNRG tant pour les besoins pratiques de l'industrie de l'exploration que pour les recherches scientifiques. Il faudrait établir un plan général, avec des estimations de coûts et un projet d'échéancier, qui couvrirait à la fois les régions à échantillonner et les régions où d'autres analyses s'imposent. La promotion et le financement de ce programme devraient venir de la CGC, des programmes de développement régional, des provinces et peut-être aussi de l'industrie.

Levé à très basse densité

Raison d'être. Étant donné l'énorme superficie du Canada, sa faible densité de population et le développement très limité des réseaux de transport de surface, seul un levé à très faible densité permettrait de réaliser la cartographie géochimique de l'ensemble du pays dans un laps de temps limité (disons cinq ans). Les travaux faits en Scandinavie par Bjorklund ont démontré que de faibles densités, même de l'ordre d'un seul échantillon composite pour 300 km^2, permettent de dégager des figures de dispersion géochimiques cohérentes et interprétables (par exemple l'atlas géochimique de la Finlande). Ces travaux sont basés sur une analyse d'échantillons composites de la fraction fine des tills (< 62 microns); il y a près de 20 ans, Armour-Brown et Nichol faisaient état de résultats semblables obtenus avec des données de sédiments fluviatiles prélevés à raison de 1 site pour 200 km^2 en Zambie. Les cartes géochimiques de la Norvège (superficie supérieure à 324 000 km^2) basées sur 690 échantillons de sédiments fluviatiles de lits majeurs produisent également des figures de dispersion cohérentes et interprétables, comme l'ont montré Ottesen et Bolviken. Parmi les types d'entités que ces levés à faible densité semblent permettre de définir, il y a les vastes métallotectes comme la zone cuprifère de la Zambie, la principale zone de minerai de la Finlande (Raahe-Ladoga) et les districts miniers qui se trouvent à l'intérieur de la province métamorphique dalradienne de l'Écosse. Outre qu'elles permettent de définir spatialement ces provinces métallogéniques, lorsque les éléments appropriés sont déterminés, les données géochimiques de reconnaissance fournissent un coup d'oeil unique sur la genèse des minerais à l'échelle régionale.

Une densité d'échantillonnage de l'ordre de 1 site pour 300 à 500 km^2, si elle s'impose au Canada pour des raisons économiques, n'en permettrait pas moins d'obtenir des figures de dispersion géochimiques uniques qui seraient utiles pour les corrélations régionales et les études métallogéniques. Elle offre la possibilité d'exécuter un examen complet des concentrations d'éléments et des autres variations spatiales à travers les différentes conditions géologiques, provinces physiographiques et écosystèmes du Canada. Ne serait-ce que par cet aspect d'ordre environnemental, elle apporterait une contribution importante aux études environnementales à long terme jusqu'au prochain millénaire, contribution que n'apporteront pas d'autres organismes gouvernementaux.

Conception. Le levé devrait avoir pour but de tracer un profil du paysage géochimique de chaque site d'échantillonnage (le prisme ainsi obtenu varierait de région en région). Les principaux matériaux d'échantillonnage seraient les sédiments lacustres et fluviatiles, les eaux de surface (lacustres ou fluviatiles) et les tills glaciaires (de préférence les tills de fond). A ces matériaux de base se grefferaient des échantillons de la végétation (qui pourraient représenter à la fois les étages inférieurs et supérieurs de la végétation) et des échantillons de sols (humus et horizon B). Le choix des sites

d'échantillonnage à l'intérieur de chaque cellule du quadrillage régional serait très important et nécessiterait la compétence de spécialistes en hydrogéochimie, en géologie quaternaire, en géochimie des tills et en biogéochimie. Pour de nombreuses parties du Canada, il y a suffisamment d'information disponible pour compléter des programmes d'échantillonnage, mais pour d'autres, il faudrait peut-être procéder à des levés d'orientation.

Dans chaque groupe de sites, on prélèverait une suite d'échantillons à analyser :

1) Sédiments lacustres ou
   sédiments fluviatiles, fraction fine
   sédiments fluviatiles, minéraux lourds
   sédiments fluviatiles, matière organique
2) Eaux de surface - eau lacustre ou
   eau fluviale
3) Tills - fraction fine
   concentré de minéraux lourds
4) Végétation - étages supérieurs
   étages inférieurs
5) Sols - humus
   horizon B

Pour que des interprétations puissent être exécutées, il faudrait une description complète du paysage entourant le groupe de sites, en insistant plus particulièrement sur la nature des morts-terrains.

Chaque matériau d'échantillonnage devrait être soumis à des analyses qui portent sur un large éventail d'éléments (comme nous l'avons dit ci-dessus à propos des échantillons actuels du PNRG). On obtiendrait ainsi, pour chaque matériau d'échantillonage, des séries de données qui se recouvrent, chaque distribution d'éléments correspondant à un aspect différent de la géochimie de la surface terrestre. Les concentrés de minéraux lourds et les échantillons de tills entiers renseigneraient avant tout sur les structures géologiques primaires. Les sédiments lacustres serviraient à déterminer les distributions des éléments traces associées à l'altération de la roche en place et à la métallogenèse. Les données hydrogéochimiques seraient utilisées surtout pour cartographier les métaux sujets au lessivage qui participent au phénomène de l'assimilation biologique. Les données sur la végétation indiqueraient les niveaux réels de l'assimilation par la flore.

Pour tirer le maximum d'information utile de sites d'échantillonnage largement espacés, il faut concevoir un plan d'échantillonnage statistiquement valable, qui permet d'exécuter une analyse approfondie de la variance à tous les niveaux du levé. L'échantillonnage doit être cohérent et la qualité des analyses doit être aussi bonne qu'elle peut l'être économiquement, et ces deux paramètres doivent être soigneusement contrôlés et mesurés. Il sera essentiel d'avoir recours à un système d'information géographique comme le SPANS pour la manipulation, la présentation et l'analyse quantitative des très nombreuses couches de données qui résulteront d'un levé aussi vaste.

Études postérieures au levé

Deux genres d'études peuvent être envisagés : des études à haute densité permettant de mieux définir les entités spatiales dans les données et de caractériser les processus géochimiques responsables des figures de dispersion observées, et un échantillonnage répété à quelques groupes de sites choisis afin de mesurer la variation temporelle (saisonnière et annuelle) dans les données. Un grand nombre de ces études pourraient être exécutées en vertu de conventions de recherches universitaires par des étudiants inscrits à des études supérieures.

Financement

Ce type de levé ne serait probablement pas financé à même les ententes sur l'exploitation minérale, car il aurait des retombées économiques à long terme. Il s'agirait d'un nouveau projet qui serait réalisé par une équipe de projet dans un laps de temps déterminé (par exemple 5 ans) et recevrait des fonds normalement destinés à un nouveau programme.

CONCLUSION

Les levés géochimiques régionaux du genre de ceux exécutés dans le cadre du Programme national de reconnaissance géochimique contribuent dans une large mesure à rendre plus efficace et efficiente l'exploration minérale au Canada. Ils produisent un type d'information unique sur la nature et la localisation des minéralisations au pays; ils reçoivent un large appui de la majorité des sociétés d'exploration minérale et de la plupart des gouvernements provinciaux. La CGC devrait maintenir et augmenter quelque peu le budget alloué au groupe des levés régionaux, afin qu'il dispose des ressources nécessaires pour poursuivre les levés et, en plus, s'employer au développement de méthodes par des études d'orientation et des travaux de suivi. En outre, la CGC devrait s'entendre avec les organismes provinciaux et territoriaux pour délimiter les régions où il reste à exécuter des levés dans le cadre du PNRG, et pour estimer les dépenses et le temps nécessaires pour compléter la couverture. Il faudrait ensuite trouver une ou plusieurs sources de financement pour obtenir les ressources nécessaires à l'exécution de ces travaux.

Les commissions géologiques provinciales et territoriales diffèrent d'opinion quant à l'importance de leur participation à des levés de type PNRG. Certaines désirent exécuter les levés elles-mêmes, d'autres se réjouissent de voir la CGC exécuter le travail, la plupart préconisent une certaine forme de partage des travaux. Les provinces et territoires souhaitent tous exercer un certain droit de regard sur le lieu où les levés seront exécutés dans leurs limites respectives, mais la plupart, sinon tous, sont disposés à contribuer au financement des levés. Un grand nombre de géochimistes à l'emploi des gouvernements provinciaux aimeraient voir se constituer un

comité national des levés géochimiques au sein duquel seraient représentées la CGC et les commissions provinciales et territoriales. Ce comité se réunirait régulièrement (au moins une fois l'an) et le PNRG serait un de leurs principaux sujets de discussion. La plupart des provinces jugent satisfaisantes les méthodes et les normes utilisées dans le cadre du PNRG et reconnaissent que le groupe de spécialistes en géochimie d'exploration à la CGC est de loin le plus important au Canada. C'est pourquoi elles considèrent la CGC comme un centre où l'on trouve les compétences dans ce domaine, bien que certaines commissions provinciales puissent également contribuer dans une large mesure au développement et à l'amélioration des méthodes de levés géochimiques. L'échange d'idées serait grandement facilité par des tables rondes réunissant des géochimistes de tous les gouvernements.

En plus de poursuivre les levés de type PNRG, il est proposé d'entreprendre à la grandeur du pays un levé à très faible densité utilisant plusieurs matériaux d'échantillonnage. Ces levés formeraient un canevas auquel seraient rattachés les levés du PNRG, qui sont plus détaillés, qui utilisent un seul matériau d'échantillonnage et qui couvrent une étendue plus restreinte. Un levé de cette nature viserait à établir en un laps de temps relativement court (5 ans) un profil géochimique du Canada qui serait représentatif de toutes les facettes de l'environnement canadien. Ce vaste levé national semblerait cadrer avec le mandat du gouvernement fédéral. Il faudrait le considérer comme un complément des levés exécutés dans le cadre du PNRG, non comme un succédané ni comme un programme rival pour l'obtention des fonds disponibles.

ANNEXE C

QUESTIONNAIRE

CONSEIL GÉOSCIENTIFIQUE CANADIEN

EXAMEN PAR LE COMITÉ CONSULTATIF
DES TRAVAUX DE GÉOCHIMIE APPLIQUÉ ENTREPRIS
PAR LA
COMMISSION GÉOLOGIQUE DU CANADA

QUESTIONNAIRE

(Disponible sur demande)

Septembre 1988